



Fabíola Zimmermann Schmitz

Bacharel em Nutrição, Pós-graduada em Gastronomia,
Planejamento e Gestão Estratégica

**Substituição do Amido de Milho por Goma Xantana
na Preparação de Cremes de Pasteleiro:
Impacto nas Componentes de Aroma e de Textura**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências Gastronómicas

Orientador: Prof. Doutor João Paulo Noronha
Professor Auxiliar, FCT/UNL
Coorientador: Prof. Doutora Paulina Mata
Professora Auxiliar, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Isabel Borges Coutinho
Arguente(s): Prof. Doutora Ana Maria Ferreira da Costa Lourenço
Vogal(ais): Prof. Doutor João Paulo Noronha



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Julho 2014

**SUBSTITUIÇÃO DO AMIDO DE MILHO POR GOMA XANTANA NA PREPARAÇÃO DE CREMES
DE PASTELEIRO: IMPACTO NAS COMPONENTES DE AROMA E DE TEXTURA**

2014

Fabíola Schmitz

Fabíola Zimmermann Schmitz

Bacharel em Nutrição,
Pós-graduada em Gastronomia, Planejamento e Gestão Estratégica

**Substituição do Amido de Milho por Goma Xantana
na Preparação de Cremes de Pasteleiro:
Impacto nas Componentes de Aroma e de Textura**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Ciências Gastronómicas

Orientador: Prof. Doutor João Paulo Noronha
Professor Auxiliar, FCT/UNL
Coorientador: Prof. Doutora Paulina Mata
Professora Auxiliar, FCT/UNL

Julho 2014

Substituição do Amido de Milho por Goma Xantana na Preparação de Cremes de Pasteleiro: Impacto nas Componentes de Aroma e de Textura

Copyright © Fabíola Zimmermann Schmitz, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

*Para fazer uma obra de arte não basta ter talento, não basta ter força, é preciso também
viver um grande amor.*

Wolfgang Amadeus Mozart

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas, que direta ou indiretamente puderam contribuir para a realização desta tese.

À minha Família

Não poderia deixar de agradecer profundamente aos meus pais e a Vivi por acreditarem e apostarem no meu potencial e superação

A professora Paulina Mata pelo empenho e interesse demonstrado desde o primeiro dia, pelo carinho, amizade e atenção que esteve sempre presente e sobretudo pelo comprometimento e transmissão de todos os seus conhecimentos e também por ter me ensinado importantes lições de vida ao longo da nossa convivência.

Ao professor João Paulo Noronha, pelo precioso incentivo, amizade, carinho e solicitude, pelos conselhos, companhia e momentos divertidos, pela exigência e rigor durante as análises práticas e correções da tese.

A professora Anabela Raymundo e Isabel Sousa, pela transmissão dos seus conhecimentos em reologia e principalmente pela facilidade dos meios concedidos durante a realização da parte experimental.

Às Prof. Catarina Prista, Ana Lourenço e Isabel Borges Coutinho, por integrarem o grupo de professores do mestrado de Ciências Gastronómicas, e que estiveram presentes em momentos importantes da realização deste mestrado.

Aos amigos que estiveram presentes nas diferentes fases de execução do trabalho: à Patrícia, João Pedro, Maria Isabel, Ricardo, Zeljko, Renato, Thainá, Rita, Catarina, Sofia e tantos outros. Ao IFSC, pela possibilidade e oportunidade que me concedeu para a realização desse mestrado, pelo apoio durante esses dois anos de afastamento do Brasil.

Às minhas amigas, Gleicy, Fabiana, Girlane, Juliane, Karina, Marceli, Tânia, Tatiane, Julianny, Sandra e Ana Lúcia, pela amizade e incentivo ao longo da minha vida e que estão sempre presentes nos meus projetos de vida.

Ao meu namorado Luís Miguel por todo o carinho, optimismo e apoio durante o mestrado, pela paciência e compreensão, pela força, pelo companheirismo e sobretudo por todo o amor e amizade que me motivaram e me encorajaram a finalizar esta etapa.

RESUMO

O creme de pasteleiro é uma das preparações clássicas mais utilizadas em pastelaria e a principal base para recheios de diversos produtos. Apesar de ser profusamente utilizado, este creme tem um conjunto de limitações que a serem ultrapassadas permitiriam obter produtos com melhores propriedades organolépticas e um maior tempo de vida útil em prateleira. Tem ainda o inconveniente de não poder ser submetido a processos de congelamento e descongelamento devido à ocorrência de sinérese.

O objectivo do presente trabalho foi desenvolver um creme com características funcionais idênticas às do creme pasteleiro clássico, mas sem as limitações referidas, nomeadamente um creme com uma melhor textura e libertação de aromas, que não forme um filme à superfície ao arrefecer e que possa ser submetido a processos de congelamento/descongelamento.

Através de análises de textura e reologia, avaliou-se o efeito da substituição do amido por goma xantana e goma xantana de rápida dispersão (RD). Tendo-se verificado que a goma xantana RD permitia obter resultados mais compatíveis com a funcionalidade pretendida.

Para avaliação do efeito do texturizante usado na libertação de aromas, prepararam-se cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá. Usando como técnica a microextração em fase sólida do *headspace* (HS-SPME) e a cromatografia gasosa-espectrometria de massa (GC-MS) levou-se a cabo uma comparação do perfil de libertação de compostos voláteis dos cremes com amido de milho e goma xantana RD. Finalmente, para avaliar a aceitação por parte do consumidor, foram realizados testes de análise sensorial.

Os resultados obtidos permitem concluir que o produto desenvolvido tem características reológicas adequadas para poder ser usado em substituição do creme de pasteleiro clássico, apresentando ainda vantagens, nomeadamente: uma boa performance quando submetido a processos de congelamento/descongelamento, um maior tempo de prateleira, melhores características organolépticas, nomeadamente uma textura mais agradável e uma melhor libertação de aromas. Estes resultados levam-nos a sugerir que este novo produto pode ter um impacto significativo na confeção de pastelaria do ponto de vista da qualidade e gestão de trabalho.

Palavras-Chave: Creme de Pasteleiro, Hidrocolóides, Amido de milho, Goma Xantana, Textura, Aromas.

ABSTRACT

Pastry cream is one of the classic preparations most widely used in pastry fillings and the main basis for various products. Despite being profusely used, this cream has a number of limitations which is important to overcome in order to obtain products having better organoleptic properties and longer shelf lives. Another drawback is the fact that it cannot be subjected to processes of freezing / thawing due to the occurrence of syneresis.

The purpose of this study was to develop a cream having functional characteristics identical to the classic pastry cream but without the limitations mentioned, in particular a cream with better texture and flavor release, which do not form a film on the surface on cooling and that, can undergo processes of freezing / thawing.

The effect of the substitution of starch by xanthan gum and rapid dispersion (RD) xanthan gum was evaluated by texture and rheological analysis. It was concluded that xanthan gum RD allowed to obtain improved results.

To evaluate the effect of the hydrocolloids used in the aroma release, pastry creams flavored with passion fruit were used. Headspace solid phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography - mass spectrometry (GC-MS) analysis allowed the comparison of the volatile compounds release profiles in creams prepared with corn starch and xanthan gum RD. Finally, in order to assess consumer acceptability sensory analysis tests were performed.

The results show that the developed product has appropriate rheological characteristics to be used in substitution of classic pastry cream, having as advantages: a good performance when subjected to processes of freezing / thawing, increased shelf life, better organoleptic characteristics, including a better texture and improved flavor release. These results suggest that this new product can have a significant impact in the production of pastry from the point of view of quality and work management.

Keywords: Pastry cream, Hydrocolloid, Corn Starch, Xanthan Gum, Texture, Flavor.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	vii
RESUMOS	ix
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE DE TABELAS.	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS	xx

CAPÍTULO 1. - INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS.....	1
--	---

CAPÍTULO 2. - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
---	---

2.1. Creme de Pasteleiro	5
2.1.1. Aplicações em Pastelaria	5
2.2. Textura e Agentes Texturantes	7
2.2.1. Hidrocolóides	8
2.2.2. Propriedades Funcionais dos Hidrocolóides	10
2.2.3. Espessantes	10
2.2.4. Gelificantes	12
2.2.5. Escolha do Texturante	12
2.3. Amido	13
2.3.1. Estrutura	13
2.3.2. Propriedades Funcionais	15
2.3.3. Gelatinização do Amido	15
2.3.4. Retrogradação e Sinérese	17
2.3.5. Interações entre Amido e Leite	17
2.4. Goma Xantana	18
2.4.1. Estrutura	21
2.4.2. Propriedades Funcionais	22

2.4.3. Efeito de Sais, pH e Temperatura na Viscosidade da Solução	22
2.5. Caracterização Física	23
2.5.1. Avaliação das Propriedades de Textura	23
2.5.2. Caracterização Reológica	25
2.5.3 Avaliação Instrumental da Cor	30
2.6. Maracujá (<i>Passiflora edulis</i> forma Flavicarpa)	32
2.6.1. Aspectos Físico-Químicos do Maracujá	34
2.6.2. Compostos Voláteis presentes no Maracujá	34
2.6.2.1. Método de Análise de Compostos de Aroma	35
2.6.2.2. Análise HS -SPME – Microextração em Fase Sólida do <i>Headspace</i>	36
2.6.2.3. Cromatografia Gasosa-Espectrometria de Massa (GC-MS)	38
2.7. Análise Sensorial	40
2.7.1. Teste de Aceitabilidade pelo Consumidor – Método Afetivo	41
<hr/>	
CAPÍTULO 3. - MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1. Materiais	43
3.2. Metodologia	44
3.2.1. Formulações dos Cremes de Pasteleiro Base	44
3.2.2. Seleção do Maracujá para Aromatizar os Cremes	45
3.2.3. Formulações dos Cremes de Pasteleiro Aromatizados com Maracujá	46
3.2.4. Preparação do Creme de pasteleiro	47
3.2.5. Caracterização Física	51
3.2.5.1. Análise da Textura	51
3.2.5.2. Caracterização Reológica	53
3.2.5.3. Análise da Cor dos Cremes de Pasteleiro	54
3.2.6. Determinação do Perfil de Liberação de Compostos Voláteis	55
3.2.6.1. Procedimento Experimental	55
3.3. Análise Sensorial	59
3.4. Análise Estatística	60
<hr/>	
CAPÍTULO 4. - RESULTADOS E DISCUSSÃO	61

4.1. Avaliação de Textura	61
4.1.1. Influência do Calor e do pH	61
4.1.2. Análise do Perfil de Textura (TPA)	64
4.1.3. Comportamento Reológico dos cremes de Pasteleiro	68
4.1.3.1. Avaliação da Viscosidade	70
4.2. Determinação dos parâmetros da cor	72
4.3. Análise Comparativa dos Compostos Voláteis	74
4.3.1. Análise e Comparação de Perfis de Voláteis de diferentes Polpas de Maracujá	74
4.3.2. Análise e Comparação de Perfis de Voláteis descremes de Pasteleiro com Amido e com Goma Xantana Aromatizados com Maracujá	76
4.3.3. A Influência do Sal na Liberação de Compostos Voláteis	79
4.3.4. A Influência dos Lipídeos na Liberação de Compostos Voláteis dos Cremes de Pasteleiro	80
4.3.5. Compostos Voláteis (Aroma)	83
4.4. Análise Sensorial	85
4.4.1. Testes de Aceitabilidade	85
<hr/>	
CAPÍTULO 5. – CONCLUSÕES	89
<hr/>	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	105

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características funcionais de alguns polissacarídeos	13
Tabela 2 - Diferentes faixas de temperatura de gelatinização do amido	16
Tabela 3 - Definições instrumentais, físicas e sensoriais dos parâmetros do perfil de textura	26
Tabela 4 - Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) estabelecidos para polpa de maracujá amarelo	34
Tabela 5 - Composição química da fibra mais adequada de acordo com as características físico-químicas do analito	38
Tabela 6 - Ingredientes utilizados nos cremes de pasteleiro clássicos	44
Tabela 7 - Porcentagens dos hidrocolóides utilizados nos cremes de pasteleiro	45
Tabela 8 - Registro do pH das polpas de maracujá	45
Tabela 9a - Formulações desenvolvidas para os Cremes de Pasteleiro Clássicos	46
Tabela 9b - Formulações desenvolvidas para os Cremes de Pasteleiro aromatizados com maracujá	47
Tabela 10 - Valores obtidos para o parâmetro L* e as coordenadas cromáticas a* e b* da análise das amostras dos cremes de pasteleiro base e aromatizados com maracujá com diferentes hidrocolóides	72
Tabela 11 - Valores de OAV e Descritores de odor para os componentes seleccionados como referência e os mais afectados nos diferentes cremes.	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Creme de pasteleiro (Foto da autora)	5
Figura 2 - Aplicabilidade do creme de pasteleiro em produtos de pastelaria	7
Figura 3 - Ligações existentes entre polímeros para a formação de gel	12
Figura 4 - Estrutura da amilose (A) e da amilopectina (B)	14
Figura 5 - Processo de gelatinização do Amido	16
Figura 6 - Modelo de organização molecular da goma xantana resultante da extrusão e subsequente secagem.	20
Figura 7 - Imagens de dispersões de goma xantana em água destilada (75% (p/p)) a) goma xantana, não-processada e b) goma xantana extrudida (dispersões preparadas misturando com uma colher durante 10s).	20
Figura 8 - Estrutura molecular da goma xantana	21
Figura 9 - Texturómetro TA.Xtplus da Stable Microsystems	24
Figura 10 - Representação gráfica de um texturograma típico de um gel e seus parâmetros de textura	25
Figura 11 - a) Líquido viscoso ideal, se deforma continuamente sob a tensão aplicada. (b) Sólido elástico ideal, se deforma imediatamente após a aplicação de tensão, mas é totalmente recuperada quando a tensão é removida. (c) Termoplástico derretido, deforma continuamente sob a tensão aplicada (como um líquido viscoso), mas também recupera parcialmente a partir da deformação após a remoção da tensão aplicada (como um sólido elástico)... ..	27
Figura 12 - Modelo do comportamento de um fluido sujeito à aplicação de uma força tangencial exterior.	28
Figura 13 - Variação da viscosidade aparente de uma solução de um polímero de moléculas em forma de bastonete alongado. Alinhamento sucessivo dos bastonetes segundo as linhas de corrente	29
Figura 14 - Colorímetro Minolta CR-300 (Minolta, Japão)	31
Figura 15 - Sistema de coordenadas $L^*a^*b^*$	32
Figura 16 - Maracujá amarelo (<i>Passiflora edulis</i> f. <i>Flavicarpa</i>).	33
Figura 17 - Conjunto de fibras de SPME. A cor da do parafuso ou hub identifica o tipo de revestimento de fibra.	36
Figura 18 - Seringa de SPME com fibra exposta	37
Figura 19 - (A) Esquema HS-SPME de extracção da amostra; (B) Esquema dos componentes de um sistema GC-MS.	40
Figura 20 - Fluxograma do modo de preparo do creme de pasteleiro clássico com amido, CA ...	48

Figura 21 - Fluxograma do modo de preparação do creme de pasteleiro com amido aromatizado com maracujá, CAM	49
Figura 22 - Fluxograma do modo de preparação do creme de pasteleiro com a goma xantana, CX.	50
Figura 23 - Fluxograma do modo de preparo do creme de pasteleiro com goma xantana (<i>Clear</i> e RD) aromatizados com maracujá, CXM e CXPM	51
Figura 24 - Teste de penetração do creme de pasteleiro	52
Figura 25 - Representação gráfica da análise de textura - texturograma de um creme de pasteleiro e seus parâmetros de textura	52
Figura 26 - Amostra do creme de pasteleiro submetida aos testes oscilatórios	53
Figura 27 - Espectros mecânicos de cremes pasteleiros aromatizados com maracujá	54
Figura 28 - Representação gráfica da viscosidade em função da taxa de deformação	54
Figura 29 - Amostra em vial cônico com orifício e lacre de borracha	55
Figura 30 - Seringa de SPME com fibra de sílica fundida revestida com 65 μ m PDMS/DVB (blue/plain)	55
Figura 31 - Extremidade da fibra de sílica fundida revestida com 65 μ m de PDMS/DVB (blue/plain)	56
Figura 32 - Amostra em banho de água a 80 °C	56
Figura 33 - Processo de desadsorção da fibra de SPME no bloco de injeção do GC-MS	57
Figura 34 - Cromatógrafo Gasoso, GC-MS System (6850)	58
Figura 35 - Traçado de corrente iônica total (TIC) obtido por HS-SPME-GC-MS da polpa de maracujá <i>Brasfrut</i>	59
Figura 36 - Creme de pasteleiro com amido de milho aromatizado com maracujá.	62
Figura 37 - Ação da gelatinização do amido em cremes de Pasteleiro.	62
Figura 38 - Processo de desnaturação das proteínas em creme de pasteleiro com goma xantana aromatizado com maracujá	63
Figura 39 - Creme de pasteleiro com goma xantana RD (<i>Premium</i>) aromatizado com maracujá. .	64
Figura 40 - Variação da firmeza dos cremes de pasteleiro base com diferentes hidrocolóides	64
Figura 41 - Variação da firmeza dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá com diferentes hidrocolóides	65
Figura 42 - Variação da adesividade dos cremes de pasteleiro base com diferentes hidrocolóides	66
Figura 43 - Variação da adesividade dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá e com diferentes hidrocolóides	67
Figura 44 - Variação da coesividade dos cremes de pasteleiro base com diferentes hidrocolóides	67

Figura 45 - Variação da coesividade dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá e com diferentes hidrocolóides	68
Figura 46 - Espectros mecânicos dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá e com diferentes hidrocolóides	69
Figura 47 - Espectros mecânicos dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá e com diferentes hidrocolóides	69
Figura 48 - Curvas de viscosidade dos cremes de pasteleiro base com diferentes hidrocolóides	70
Figura 49 - Curvas de viscosidade dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá e com diferentes hidrocolóides	71
Figura 50 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por <i>HS-SPME-GC-MS</i> da polpa de maracujá <i>Brasfrut</i>	75
Figura 51 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por <i>HS-SPME-GC-MS</i> da polpa de maracujá <i>Brasfrut</i> . Os picos assinalados correspondem aos componentes seleccionados como referência e os mais afectados nos diferentes cremes	76
Figura 52 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (<i>HS-SPME-GC-MS</i>) do creme de pasteleiro com amido aromatizado com maracujá sem sal, CAM	77
Figura 53 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (<i>HS-SPME-GC-MS</i>) do creme de pasteleiro com e goma xantana RD aromatizado com maracujá sem sal, CXPM	78
Figura 54 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (<i>HS-SPME-GC-MS</i>) do creme de pasteleiro com e goma xantana RD aromatizado com maracujá sem sal e descongelado, CDXPM	78
Figura 55 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (<i>HS-SPME-GC-MS</i>) do creme de pasteleiro aromatizado com maracujá com amido com sal, CAMS	80
Figura 56 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (<i>HS-SPME-GC-MS</i>) do creme de pasteleiro aromatizado com maracujá com goma xantana com sal, CXPMS	80
Figura 57 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (<i>HS-SPME-GC-MS</i>) do Leite Magro	81
Figura 58 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (<i>HS-SPME-GC-MS</i>) do Leite Gordo	82
Figura 59 - Traçados de corrente iónica total (TIC) obtidos por (<i>HS-SPME-GC-MS</i>) dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá preparados com amido com sal (CAMS), com goma xantana RD com sal (CXPMS), com amido sem sal (CAM) e com goma xantana RD sem sal (CXPM), respectivamente	83
Figura 60 - Histograma representando a preferência dos provadores de acordo com a escala hedônica	86
Figura 61 - Representação gráfica dos valores médios de aceitabilidade das amostras de cremes de pasteleiro.	86

LISTA DE ABREVIATURAS

a *	Coordenada que representa a diferença entre a cor verde (-a*) e o vermelho (+a*)
b*	Coordenada que varia entre a cor azul (-b*) e amarelo (b*)
CA	Creme de pasteleiro com Amido sem Sal
CAM	Creme de pasteleiro com Amido aromatizado com Maracujá sem Sal
CAMS	Creme de pasteleiro com Amido aromatizado com Maracujá com Sal
CAR	Carboxen
CAS	Creme de pasteleiro com Amido com Sal
CX	Creme de pasteleiro com goma Xantana <i>Clear</i> sem Sal
CXM	Creme de pasteleiro com goma Xantana <i>Clear</i> aromatizado com Maracujá sem Sal
CXMS	Creme de pasteleiro com goma Xantana <i>Clear</i> aromatizado com Maracujá com Sal
CXP	Creme de pasteleiro com goma Xantana RD (<i>Premium</i>) sem Sal
CXPM	Creme de pasteleiro com goma Xantana RD aromatizado com Maracujá sem Sal
CXPMS	Creme de pasteleiro com goma Xantana RD aromatizado com Maracujá com Sal
CXPS	Creme de pasteleiro com goma Xantana RD (<i>Premium</i>) com Sal
CXS	Creme de pasteleiro com goma Xantana <i>Clear</i> com Sal
CDXPM	Creme de pasteleiro descongelado com goma Xantana RD aromatizado com Maracujá sem Sal
CW	Carbowax
d _f	Espessura de filme
DVB	Divinilbenzeno
EFSA	"European Food Safety Authority", Autoridade Europeia de Segurança Alimentar
EI	"Electronic Impact", ionização de impacto electrónico
FE	Fase estacionária
f	Frequência (Hz)
FM	Fórmula Molecular
G'	Contribuição elástica do material
G''	Contribuição viscosa
GC	"Gas Chromatography", cromatografia gasosa
GC-MS	"Gas Chromatography-Mass Spectrometry", cromatografia gasosa-espectrometria de massa
GC-O	"Gas Chromatography-Olfactometry", cromatografia gasosa – olfatometria
HS	"Headspace", espaço à cabeça
HSD	"Headspace Dynamic", espaço à cabeça dinâmico
Hz	"Hertz", unidade de frequência
KI	"Kovats retention Index", índices de retenção de Kovats

OAV	<i>“Odour Activity Values”</i> , valores de actividade de odor
OTV	<i>“Odour Threshold Values”</i> , valores de limiar de odor
L*	Coordenada que mede a luminosidade
MM	Massa Molecular
<i>m/z</i>	Razão massa carga
η_0	Zona Newtoniana
N	<i>“Newton”</i> , unidade de firmeza
Pa	<i>“Pascal”</i> , unidade de pressão e tensão
PA	Poliacrilato
PDMS	Polidimetilsiloxano
PTFE	Septo anti-aderente de teflon
RD	Rápida dispersão
rpm	Rotação por minuto
SAOS	<i>“Small Amplitude Oscillatory System”</i> , tensões oscilatórias de pequena amplitude
SDE	<i>“Simultaneous Distillation-Extraction”</i> , destilação e extração simultânea
SPE	<i>“Solid Phase Extraction”</i> , extração em fase sólida
SPME	<i>“Solid Phase Micro Extraction”</i> , microextração em fase sólida
TIC	<i>“Total Ion Current”</i> , corrente iónica total
TPA	<i>“Texture Profile Analysis”</i> , análise do perfil de textura
t_r	tempo de retenção
UTC	Peltier de controle de temperatura

INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

Atualmente observa-se o surgimento de um ramo altamente criativo da gastronomia incentivando a inovação gastronômica através do desenvolvimento de novos produtos, equipamentos e atributos sensoriais. Ao contrário do que aconteceu no período anterior, em que o desenvolvimento foi sobretudo empírico, esta nova fase caracteriza-se por um desenvolvimento baseado no conhecimento científico.

Nicholas Kurti e Hervé This (um químico francês) demonstraram que muitas técnicas de cozinha usadas no dia-a-dia, e resultantes de uma abordagem empírica desenvolvida ao longo dos séculos, podem ser explicadas cientificamente, através de análises de composição dos alimentos e das mudanças físicas e químicas que ocorrem na sua preparação (This, 2009).

O método científico é caracterizado pela observação cuidadosa, formação de hipóteses e testes, experimentação controlada, objetividade científica, e reprodutibilidade experimental. Esta definição está, portanto, em estreita concordância com os objetivos destes investigadores: “A exploração científica da culinária, e de modo mais geral, das transformações gastronômicas e fenômenos, como descrito por cozinheiros ou por livros de culinária” (This, 1994).

A importância de utilizar o método científico para compreender as propriedades dos alimentos já foi reconhecida no século XVIII (1783), por Lavoisier e meio século mais tarde, por exemplo, por Brillat-Savarin em sua monografia “Fisiologia do Gosto” (Savarin, 1982). Actualmente a importância do conhecimento científico, e em particular da sua contribuição para a compreensão dos mecanismos físico-químicos que gerem os processos de preparo de um alimento é amplamente reconhecida. Em particular para a produção realizada em cozinhas comerciais. A designação utilizada para os estudos científicos focados na compreensão de processos e procedimentos de produção realizados no setor de cozinha é “Gastronomia Molecular”.

A "gastronomia molecular", tem sido definida como "um ramo da ciência que estuda as transformações físico-químicas de materiais comestíveis durante o cozimento e os fenômenos sensoriais associados com o seu consumo". É interessante notar que o termo é uma abreviação de um termo mais longo "gastronomia física e molecular". Este último termo foi o título do primeiro simpósio sobre a ciência da gastronomia, organizado em 1992, em Erice, Itália, com o envolvimento Elisabeth de Thomas, Nicholas Kurti, Hervé This e Harold McGee como diretor convidado (This, 2002).

Com o advento da gastronomia molecular, a aproximação ao desenvolvimento de processos culinários deixou de ser exclusivamente empírica. A explicação científica lógica do seu mecanismo permitiu um desenvolvimento racional e mais sustentado. Simultaneamente, novas tecnologias e ingredientes têm sido introduzidos na cozinha, a fim de facilitar a produção e aprimorar a qualidade das preparações e dos alimentos. Todo este processo, que tem decorrido nas últimas duas décadas, abriu espaço para o uso de novos ingredientes com aplicação nas produções gastronômicas inovadoras, principalmente no que diz respeito à modificação de texturas e ao incremento da qualidade e tempo de prateleira dos produtos (Linden *et al.*, 2008).

Cientistas de alimentos avaliam as propriedades dos materiais que produzem usando uma variedade de ferramentas analíticas sofisticadas, incluindo a microscopia electrónica de varrimento e técnicas para medir a estrutura e aparência, reómetros para medir a textura, e cromatografia gasosa para determinar a concentração de compostos de aroma. Essas medições permitem confirmar teorias e hipóteses e construir relações entre as propriedades de ingredientes e propriedades macroscópicas relevantes da matriz alimentar (Linden *et al.*, 2008).

A qualidade e a aceitabilidade de produtos alimentícios encontram-se intimamente associadas aos parâmetros sensoriais de cor e textura. Estes parâmetros influenciam na qualidade final do produto (Padula 1987; Rodriguez-Amaya, 1987).

Segundo Myia (1989), a textura pode ser considerada como a manifestação das propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície) de um alimento, e constitui um atributo importante de qualidade. A mesma pode ser percebida, através dos receptores mecânicos, táteis e, eventualmente, visuais e auditivos.

Devido à grande importância da textura na avaliação organoléptica, existe um grande interesse no estudo da introdução e comportamento de ingredientes texturantes, como os hidrocolóides, em preparações gastronômicas. Para além da textura, estes vão ainda interferir em aspectos como a cor, a libertação de aromas e o sabor, de importância fundamental em produtos alimentares. De facto, a introdução de hidrocolóides nos produtos alimentares tem inúmeras funções, tais como controle da humidade, estrutura, estabilidade e atribuição de características

sensoriais vantajosas (Imenson, 2010). Os hidrocolóides, que são obtidos de uma ampla gama de matérias-primas naturais, ou produzidos por processos de fermentação, têm assim um grande impacto sobre as propriedades dos alimentos.

Explorar as suas potencialidades no processo de desenvolvimento de novos produtos gastronômicos, é um tema fascinante que continua a envolver as atenções de muitos investigadores e cientistas.

Contudo, apesar de espessantes e gelificantes serem correntemente e amplamente utilizados na indústria alimentar, a sua introdução na produção alimentar em pequena escala iniciou-se recentemente e o domínio do processo e o reconhecimento das afinidades entre os ingredientes presentes na preparação exige ainda extenso trabalho de investigação.

Segundo Moura *et al.*, (2011), o trabalho produzido usando hidrocolóides foi considerado uma grande inovação na cozinha em pequena escala, uma vez que estes ingredientes não são comuns em restaurantes e cozinhas domésticas, apesar de serem usados extensivamente na indústria alimentar. Em alguns casos, o uso de hidrocolóides é considerado um símbolo do carácter inovador do trabalho em si.

Na produção de pastelaria a adição de hidrocolóides, confere aos produtos características importantes como textura mais adaptada aos objectivos, boa liberação de aroma e transparência (Lennox, 2002).

O creme de pasteleiro, ou o creme de confeiteiro, é uma das preparações mais usadas em pastelaria, sendo preparado a partir de uma mistura de leite, açúcar, gemas e amido de milho (Sebess, 2007).

A qualidade de um creme de pasteleiro está associada ao tempo de vida útil do produto em prateleira, estabilidade nos processos de congelamento e descongelamento, características organolépticas de sabor, facilidade de libertação de compostos voláteis e texturas desejáveis para espalhar e rechear preparações de pastelaria.

Ao longo de 10 anos da minha actividade profissional em pastelaria, tive oportunidade de trabalhar inúmeras vezes com creme de pasteleiro e de me aperceber das suas características e limitações. Melhorar a libertação de aromas, tempo de prateleira e a possibilidade de o submeter a um processo de congelamento-descongelamento são factores que poderiam ter um grande impacto do ponto de vista da gestão do trabalho e qualidade e durabilidade do produto, e consequentemente um impacto económico elevado.

Assim, os objetivos desta dissertação foram:

- Avaliar a possibilidade de substituir no creme de pasteleiro o amido por goma xantana;

- Comparar o perfil reológico e aromático entre cremes de pasteleiro confeccionados com amido e com goma xantana, aromatizados com maracujá, no tocante ao aspecto da qualidade do produto;

- Avaliar o efeito dos processos de congelamento/descongelamento em cremes realizados com o recurso à goma xantana:

- Avaliar, com o recurso a testes de análise sensorial, a qualidade e aceitabilidade do produto.

O trabalho desenvolvido envolveu o recurso a uma série de técnicas, nomeadamente:

- Microextracção em fase sólida do headspace, para extrair e concentrar os componentes do aroma.

- Cromatografia gasosa - espectrometria de massa, para determinar a concentração relativa dos componentes do aroma (e a sua identidade).

- Análise da textura e da viscosidade em texturómetro e reómetro;

- Análise sensorial, através de um teste de aceitabilidade do produto;

- Análise da cor dos cremes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Creme de Pasteleiro

O creme de pasteleiro (Figura 1), também conhecido por *crème pâtissière* (Fr) ou creme de confeitiro, é uma das preparações clássicas em pastelaria e a principal base para recheios de produtos de pastelaria.

De acordo com Sebess (2007), o creme de pasteleiro ou o creme de confeitiro é uma das preparações mais usadas em pastelaria. É feito a partir de uma mistura de leite, açúcar, gemas e amido de milho, que é espessada a temperaturas elevadas cozinhando durante 2 a 3 minutos a partir do momento que entra em ebulição. Depois de frio esse creme é usado em diversas preparações.



Figura 1 - Creme de pasteleiro, Foto da autora.

Este preparado surgiu no final do século XIX, época de grande desenvolvimento da confeitaria.

De acordo com Freita e Chave (2008), a famosa *pâtisserie* francesa se tornou a base técnica para a confeitaria mundial a partir do séc. XIX. Neste período foram criados alguns doces e

sobremesas tão apetitosas quanto famosas. O emprego do açúcar exclusivamente para as sobremesas e guloseimas representou uma mudança significativa no paladar do europeu e, por consequência, do homem ocidental. “Os doces passaram a fazer parte das mesas europeias, sendo produzidos em grande variedade pela *pâtisserie* francesa, por exemplo, o *crème pâtissière* que servia de base para muitas preparações de *pâtisserie*”.

Quando se considera a qualidade de um creme de pasteleiro, nomeadamente a textura que permite espalhar e rechear preparações de pastelaria, as características organolépticas e o tempo de vida útil do produto em prateleira é importante ter em conta diversos aspectos relacionados com o comportamento das moléculas durante a sua preparação.

A formulação do creme de pasteleiro é basicamente composta por: leite, gemas, açúcar e amido de milho, tendo grande importância o método de preparo, onde os ingredientes são misturados de forma ordenada. Os ingredientes são pesados e reservados. O leite deve ser aquecido até os 90 °C, o que favorece de forma significativa o espessamento do amido de milho. Entretanto deve ser preparada uma mistura contendo gemas, açúcar e amido. O leite quente deve ser então adicionado aos poucos a esta mistura, mexendo sempre.

No preparado das gemas estas devem ser misturadas ao açúcar e amido rapidamente até formar um creme claro, evitando a coagulação das proteínas do ovo, pelo fato do açúcar possuir atração pela água. De facto, o açúcar é um ingrediente hidrofílico e a gema possui cerca de 50% de água na sua composição, o que pode interferir diretamente no resultado da textura do creme. O amido de milho, que é usado como espessante, também age como estabilizante evitando que os ovos coagulem precocemente ou que a mistura se separe mesmo quando exposta a elevadas temperaturas.

O creme deve ser resfriado imediatamente após a cocção e coberto com filme plástico para prevenir que crie uma película na sua superfície. Esta película indica o início do processo de retrogradação, ou seja, após a gelatinização do amido, quando a temperatura é reduzida até à temperatura ambiente, ocorre um rearranjo das moléculas de amilose através da formação de ligações de hidrogênio, fator que favorece a recristalização, ou seja, a retrogradação (Parkere Ring, 2001).

2.1.1. Aplicações em Pastelaria

O creme de pasteleiro que, como referido, é um dos cremes básicos da confeitaria francesa, é elaborado em geral com amido de milho (ou por vezes com farinha de trigo), açúcar, leite e ovos. Tem consistência espessa e é usado como recheio de tortas, profiteroles (carolinas), bolos e outros doces (Gomensoro, 1999).

De facto este creme apresenta uma textura cremosa e estável e é de fácil manipulação para ser usado em recheios e coberturas de massas levedadas como por exemplo, pães e bolos. É ainda bastante utilizado em doces e sobremesas de vitrina. Boa parte das preparações doces levam esse creme ou usam-no como base para outras receitas (Figura 2). De facto, as suas potencialidades são grandes se se considerar que pode ainda ser enriquecido com manteiga, gelatina, creme de leite (natas) batido ou merengue italiano e, além disso, pode ser utilizado puro ou aromatizado com chocolate, purê de frutas, especiarias, café, raspas de laranja, ou outros produtos naturais, ou mesmo aromas sintéticos.



Figura 2 - Aplicabilidade do creme de pasteleiro em produtos de pastelaria.

2.2. Textura e Agentes Texturantes

Há quatro principais fatores de qualidade nos alimentos: aparência (cor, forma, tamanho, brilho), sabor (compreendendo gosto e odor), textura (sensação tátil) e propriedades nutritivas (Bourne, 1982).

Vários autores têm proposto definições para a textura. Assim, pode ser definida como sendo as características estruturais do alimento e como são percebidas pelos nossos sentidos (Weenen *et al.*, 2003).

A textura do alimento foi ainda definida como o grupo de características físicas que são sentidas pelo tato, e descritas de acordo com a deformação, desintegração e fluxo do alimento sob uma força, medidas objetivamente pelas funções de massa, tempo e distância (Lannes, 1997; Guinard e Mazzucchelli, 1996).

Segundo Peleg (1983) a textura é um atributo sensorial importante na avaliação da aceitabilidade do produto. É basicamente uma propriedade física e sua percepção pode ser afetada por fatores químicos, psicológicos e culturais.

Os ingredientes texturantes são principalmente proteínas, carboidratos (polissacarídeos) ou lipídeos de várias origens que, devido às suas propriedades e através de utilização apropriada, ajudam o cozinheiro/pasteleiro, nas suas produções diárias, a obter produtos que vão desde os mais tradicionais até aos mais inovadores e ambiciosos (Moura *et al.*, 2011). Um grupo significativo destes, proteínas e polissacarídeos, pertencem à categoria dos hidrocolóides.

As proteínas e os polissacarídeos são os dois tipos de hidrocolóides responsáveis, em grande parte, pela estrutura, propriedades mecânicas e físico-químicas de muitos alimentos. As propriedades funcionais evidenciadas pelos hidrocolóides, em solução, devem-se a interações que estes componentes macromoleculares estabelecem entre si e com o meio aquoso (Nunes, 2005).

Os hidrocolóides podem nomeadamente exercer funções emulsionantes, espessantes e gelificantes. Assim podem ser adicionados com diferentes objectivos na preparação de alimentos ou, frequentemente, são componentes importantes de alguns ingredientes.

Por exemplo, o ovo é um ingrediente que apresenta características polifuncionais - poder de coagulação e gelificação, capacidade de formação de espuma e propriedades emulsionantes - desejáveis em muitos alimentos, tais como produtos de padaria, merengues, biscoitos e derivados de carne (Mine, 1995). Também de acordo com Araújo *et al.*, (2008), a coagulação é muito útil na elaboração de produtos de confeitaria (*flans*, pudins) e é uma das propriedades mais úteis do ovo, cujo tratamento mais comum na cozinha é o calor (ovos cozidos, omeletes, mexidos, ovos *poché*, preparações de confeitaria).

A propriedade emulsionante das proteínas é importante para vários produtos alimentares, tais como creme de leite, glacês, manteiga, queijo fundido, maionese, carne finamente moída do tipo utilizada em salsichas e outros embutidos, além do fato de que os constituintes proteicos exercem função importante na estabilização dos sistemas coloidais (Cheftel *et al.*, 1989).

2.2.1. Hidrocolóides

Os hidrocolóides têm tido variadas aplicações através dos séculos, que vão desde adesivo para a mumificação dos faraós até coberturas protetoras de alimentos para os astronautas (Thebaudin *et al.*, 1997).

Os hidrocolóides são obtidos de fontes naturais ou sintéticas, e assumem uma grande importância em vários setores de atividade, e particularmente na indústria alimentar, devido à sua funcionalidade tecnológica. São amplamente utilizados como estabilizantes de emulsões, agentes de absorção de água, espessantes e gelificantes. Geralmente, são usados em pequenas

concentrações e, em geral, não contribuem para o sabor, aroma ou valor nutricional dos alimentos (Cubero, *et al.*, 2002; Phillips e Williams, 2000).

Em alimentos, os hidrocolóides apresentam a propriedade de reter moléculas de água, de formar misturas coloidais e de controlar a atividade de água de um sistema. Quando interagem com moléculas de água, formam géis e soluções viscosas, podendo atuar como agentes espessantes, gelificantes e estabilizantes de emulsões (Araújo *et al.*, 2008).

A adição de hidrocolóides numa formulação alimentar influencia a textura, a aparência, a sensação residual e tem implicações nas interações sinérgicas entre os diversos constituintes do alimento (Parimala e Sudha, 2012).

Os hidrocolóides alimentares não existem como uma categoria regulamentada de direito próprio, atualmente a grande maioria dos hidrocolóides é regulamentada como aditivos alimentares, com exceção da gelatina (Williams, 2007).

A EFSA (*European Food Safety Authority*) define aditivos alimentares como “substâncias adicionadas intencionalmente aos alimentos para melhorar determinadas funções tecnológicas, como a cor, sabor, textura e a conservação dos alimentos” (EFSA, 2012). Segundo a legislação europeia, os aditivos alimentares antes de serem utilizados em alimentos devem ser analisados e autorizados pela EFSA. Todos os aditivos autorizados também têm de cumprir critérios de pureza estabelecidos (EFSA, 2012).

Na comunidade europeia todos os aditivos alimentares são identificados pela letra E associada a um número de 3 ou 4 algarismos. A atribuição deste código significa que essa substância passou todos os testes de segurança exigidos pelas normas europeias e que essa aprovação será monitorizada, revista e alterada à luz de novos dados científicos. Os rótulos alimentares tem de identificar tanto a função do aditivo no produto acabado (por exemplo, cor, conservante, etc.) como a substância específica utilizada quer referindo a letra E apropriada (tal como E412) ou o nome do aditivo (EFSA, 2012).

Desde sempre existiu a necessidade de criar texturas peculiares, tanto nas cozinhas profissionais como nas domésticas. Tal foi conseguido, por exemplo, através da utilização de ovos, da banal farinha *Maizena* (amido de milho - um hidrocolóide), como através da utilização de substâncias menos familiares para nós mas usuais para outros povos, como, por exemplo, a carragenina, utilizada hoje em dia na cozinha mais vanguardista. Há muito exemplos na pastelaria em que se trabalham hidrocolóides (de farinhas ou gelatinas) dissolvidos em diversos líquidos (leite, sumos, água), de forma a obterem-se mousses, *bavaroises*, *parfaits*, pudins e outras preparações com as texturas pretendidas (Moura *et al.*, 2011).

Os agentes texturantes utilizados neste trabalho foram a proteína da gema do ovo, amido de milho e a goma xantana, estes dois em particular serão tratados adiante com mais detalhe.

2.2.2. Propriedades Funcionais dos Hidrocolóides

A utilidade e importância dos hidrocolóides estão baseadas nas suas propriedades funcionais. O termo “propriedades funcionais” diz respeito às características dos biopolímeros que contribuem para a estrutura do alimento, com elevado impacto nas características sensoriais, determinando a aceitabilidade do produto alimentar pelo consumidor. Neste contexto, e em termos práticos, funcionalidade é qualquer propriedade do biopolímero, além do seu valor nutricional, que determina a sua utilização como ingrediente alimentar (Pomeranz, 1991).

O presente trabalho refere-se aos cremes de pasteleiro desenvolvidos a partir de matérias-primas que são essencialmente ricas em polissacarídeos e proteínas (ovos). Nos cremes desenvolvidos com o amido de milho ocorre a gelatinização do amido, portanto, são considerados géis e nos cremes desenvolvidos com a goma xantana ocorre o espessamento, neste caso, temos as propriedades gelificantes e espessante, havendo portanto lugar a uma explicação mais abrangente acerca da estrutura e seus mecanismos de atuação.

2.2.3. Espessantes

Os espessantes têm a propriedade de aumentar a viscosidade de um alimento, ou seja, a sua resistência ao movimento (escoamento). Ligam-se facilmente à água e este facto está na base do seu mecanismo de atuação, a par das características moleculares do hidrocolóide e das interações que as suas moléculas estabelecem entre si. Muitos deles nem necessitam de calor para levar a cabo o espessamento. Têm um sabor neutro, dispersam-se facilmente em água, são estáveis e resistentes às variações de temperatura (Phillips e Williams, 2000; Moura *et al.*, 2011).

Proporcionam características sensoriais e tecnológicas adequadas para a utilização em alimentos processados devido a sua capacidade de aumentar a viscosidade de líquidos (Toneli *et al.*, 2005).

As propriedades conferidas pelos espessantes devem manter-se mesmo sob valores extremos de temperatura, pH e força iônica, presença de sais e de outros componentes do alimento ao qual serão adicionados (Bobbio e Bobbio, 1992).

Como exemplos de biopolímeros espessantes vulgarmente utilizados pela indústria alimentar e actualmente na cozinha pode citar-se a goma xantana, derivados da celulose (metilcelulose, carboximetilcelulose e hidroxipropilmetilcelulose) e galactomananos (goma guar e goma de sementes de alfarroba) (Phillips e Williams, 2000).

2.2.4. Gelificantes

Na literatura existem diversas definições de gel, uma delas dada por Doublier e Thibault (1984), descrevem um gel como sendo um sistema bifásico constituído por uma rede macromolecular tridimensional sólida, retendo na sua malha uma fase líquida. Devido ao tipo de organização da rede, esta apresenta resistência a certas tensões, tendo também a capacidade de reter moléculas de água e outros compostos de baixo peso molecular.

A funcionalidade de um gel é determinada pela distribuição espacial das suas macromoléculas (gelificantes) e pela contribuição dos vários tipos de forças de ligação para a formação da rede. A contribuição dos diferentes tipos de ligações, para além das propriedades intrínsecas do biopolímero (massa molecular, composição, conformação), irá depender das condições do processo de gelificação: concentração de biopolímero, pH, temperatura, força iónica e tipos de iões e pressão hidrostática. Os géis podem ser formados por agregados aleatórios de macromoléculas pouco estruturadas, que dão origem a géis opacos, ou por macromoléculas associadas de forma mais ordenada, dando origem a géis mais transparentes (Hermansson, 1986; Kinsella, 1979).

Para a formação de gel, os polímeros alimentares têm de formar ligações fortes entre si, constituindo as zonas de junção. As energias das ligações nas zonas de junção do gel apresentam um papel bastante importante para a funcionalidade do mesmo. Ligações hidrofóbicas, ligações de hidrogénio, ligações de pontes de enxofre, interações electrostáticas e ligações mediadas por iões, fazem parte do conjunto de interações importantes para a formação de um gel. Estas interações diferem dos géis constituídos por polímeros sintéticos, que normalmente apresentam interações covalentes de cadeias poliméricas (Clark, 2000; Walstra, 2003). Na Figura 3 estão representadas as ligações geralmente existentes entre polímeros para a formação de gel.

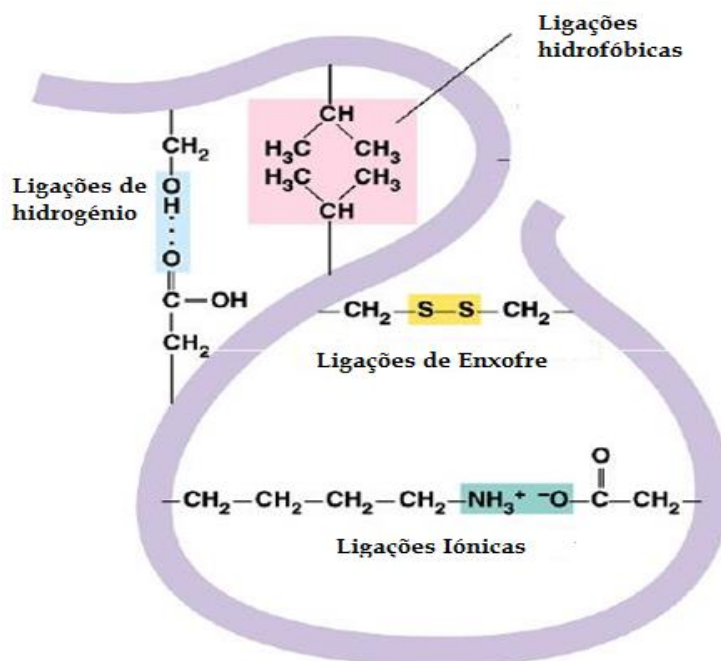


Figura 3 - Ligações existentes entre polímeros para a formação de gel (Belitz e Grosch, 1992).

Segundo Tolstoguzov (1992) a formação de gel é uma das propriedades funcionais mais importantes dos biopolímeros alimentares.

Como exemplos de biopolímeros gelificantes vulgarmente utilizados pela indústria e mesmo em preparações culinárias domésticas, podem citar-se: as pectinas, as carrageninas, os alginatos, o agar, o amido, a gelatina, as caseínas, a lactoglobulina e a proteína de soja. Estes biopolímeros são tradicionalmente utilizados para a produção de alimentos com base gelificante, como por exemplo os preparados de fruta, sobremesas, molhos, gelados, gomas, sopas e pudins (Vries, 2004).

2.2.5. Escolha do Texturante

A escolha do hidrocolóide mais apropriado para cada uso deve estar associada às funções pretendidas e ao tipo de preparação alimentar. As características funcionais de alguns texturantes, nomeadamente de polissacarídeos encontram-se na tabela 1.

Existem muitos polissacarídeos texturantes acessíveis no comércio, mas a selecção do melhor candidato para uma determinada aplicação, requer o perfeito conhecimento das suas propriedades em solução (Sanderson, 1981; Glicksman, 1969). As características reológicas da solução são uma maneira valiosa para se fazer a selecção do hidrocolóide apropriado para uma formulação alimentícia específica ou sua aplicação (Glicksman, 1982). Até porque a maioria dos atributos sensoriais e o tempo de vida dos produtos estão muitas vezes relacionados com o seu comportamento reológico (Castro, 2002).

Tabela 1 - Características funcionais de alguns polissacarídeos (Myhrvold *et al.*, 2011).

Polissacarídeo	Principal função
Agar	Agente gelificante
Alginato	Agente gelificante
Amido	Espessante e agente gelificante
Carboximetilcelulose	Espessante
Carragenina	Agente gelificante
Goma Arábica	Emulsionante
Goma Alfarroba	Espessante
Goma Guar	Espessante
Xantana	Espessante
Hidroximetilcelulose	Espessante e emulsionante
Metilcelulose	Espessante, emulsionante e agente gelificante
Pectina	Agente gelificante

No presente trabalho, os cremes de pasteleiro foram espessados a partir da proteína da gema do ovo e de polissacarídeos (amido de milho ou goma xantana). Dado que essencialmente se substituiu o amido de milho pela goma xantana. Nos próximos capítulos abordaremos as características estruturais, propriedades e mecanismos de actuação destes dois polissacarídeos.

2.3. Amido

O amido é o principal carboidrato de reserva de todas as plantas superiores. Em seu estado nativo, o amido é insolúvel em água fria, apresentando grânulos parcialmente cristalinos e cuja morfologia, composição química e estrutura molecular são características de cada espécie em particular (Bello-Pérez *et al.*, 2006).

É obtido de sementes de milho, trigo, arroz, de tubérculos e raízes, particularmente de batata, batata-doce e mandioca. Os amidos naturais e os modificados têm várias aplicações em produtos alimentares como agentes adesivos, ligantes e formadores de filmes, além de atuarem como gelificantes, espessantes, retentores de humidade e retardadores da retrogradação de alguns alimentos (Zobel e Steffen, 1995; Freitas *et al.*, 2003).

2.3.1. Estrutura

O amido é constituído por dois tipos de polímeros de α -D-glucose — a amilose e a amilopectina — que têm diferentes características estruturais e surgem em proporções diferentes, consoante a proveniência do amido.

A amilose é composta por cerca de 250-300 unidades de glucose unidas por ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow4)$ em cadeia linear. Possui uma conformação helicoidal que possibilita a formação de um complexo de cor azul, quando o iodo é colocado em contato com o amido (Nascimento, 2010; Kortstee *et al.*,1998). Esta molécula é ainda um dos componentes responsáveis pela estrutura do grânulo de amido e sua quantificação é de grande importância para se entender o seu comportamento (Mendes, 2011).

A amilopectina é altamente ramificada, composta por aproximadamente 1000 unidades de glucose unidas por ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow4)$, e ainda com 5 a 6% de ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow6)$ nos pontos de ramificação entre as cadeias de glucose (Nascimento, 2010). Na presença de iodo, resulta em uma coloração avermelhada (Spier, 2010).

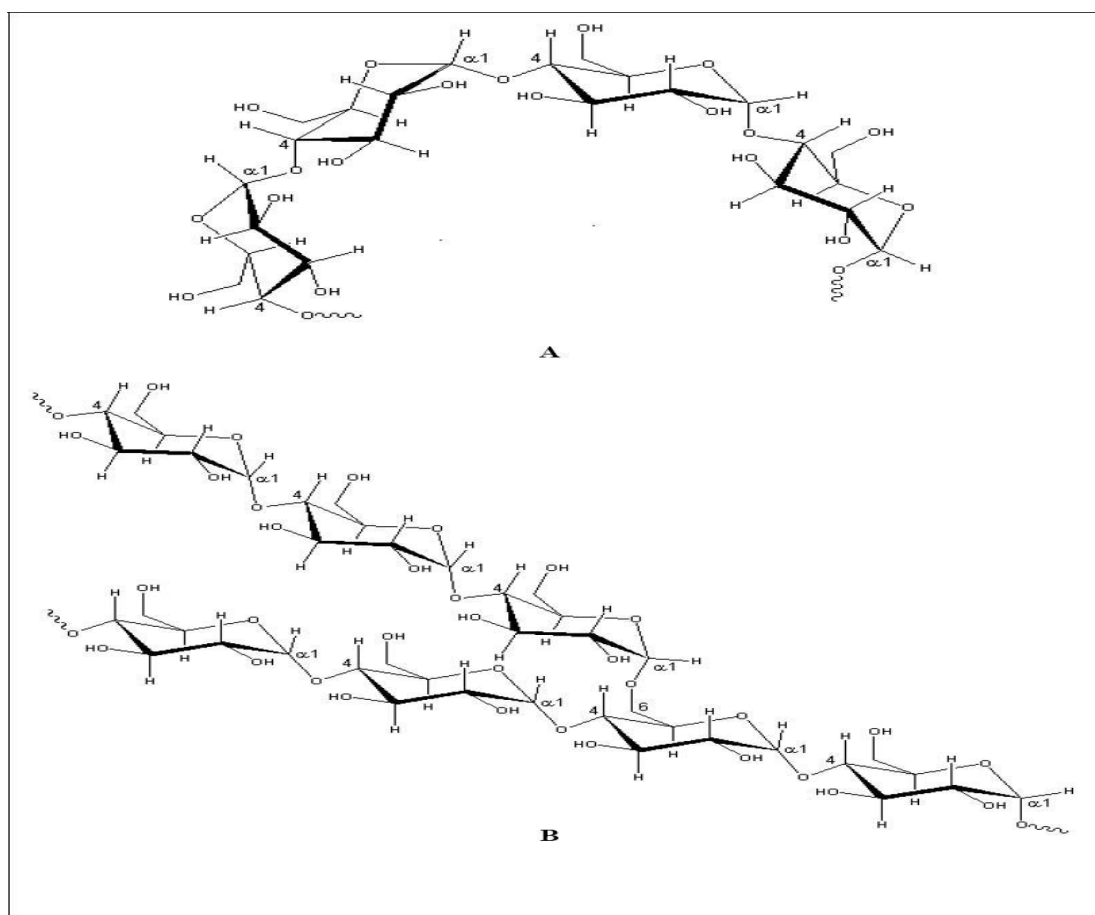


Figura 4 - Estrutura da amilose (A) e da amilopectina (B). Adaptado de Lajolo e Menezes (2006).

Os grânulos de amido nativo são insolúveis em água fria devido às ligações de hidrogênio que mantêm unidos os polímeros (Santos, 2006). Quando estes grânulos são aquecidos na presença de água, ocorre a gelatinização do amido, que se refere à ruptura da ordem molecular

dentro dos grânulos, evidenciada pelo inchaço irreversível do grânulo e a perda da birrefringência e cristalinidade (Freitas *et al.*, 2004).

Os amidos nativos são comumente modificados por processos físicos, químicos, enzimáticos ou por meios genéticos, para promover propriedades funcionais específicas não encontrada nos amidos nativos (Zavareze *et al.*, 2010).

A pré-gelatinização é uma modificação física do amido nativo. A gelatinização e posterior eliminação da humidade do amido permite a obtenção de amidos pré-gelatinizados, dispersáveis em água fria e base para confecção de alimentos previamente preparados (Muccillo, 2009). Este tipo de amido modificado apresenta maior solubilidade e capacidade de absorção de água do que os amidos nativos (Adedokun, 2010; Itiola, 2010).

Aplicações típicas do amido pré-gelatinizado são os alimentos de conveniência: sobremesas instantâneas, recheios de tortas, papas infantis. Os amidos pré-gelatinizados são usados quando se espera que os produtos sejam solúveis em água fria ou quente sem aquecimento; são bastante empregados na confecção de alimentos de cocção rápida e fácil digestão (Araújo *et al.*, 2008).

2.3.2. Propriedades Funcionais

Os amidos possuem propriedades funcionais distintas de acordo com os teores de amilose e amilopectina.

As proporções em que estas estruturas aparecem diferem entre as diversas fontes, entre variedades de uma mesma espécie e ainda, numa mesma variedade de acordo com o grau de maturação da planta (Eliasson, 1996). Estas variações podem resultar em grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais diferenciadas, o que pode afetar sua utilização em alimentos ou aplicações industriais (Wang e White, 1994).

2.3.3. Gelatinização do Amido

Nos processos de cocção, à medida que os grânulos de amido são suspensos em água e se aumenta gradualmente a temperatura, ocorre o rompimento das ligações de hidrogênio entre as cadeias de amilose e de amilopectina e eles começam a intumescer e formar soluções viscosas. A solução se torna esbranquiçada e forma um gel, rapidamente, quando resfriada. A este fenômeno dá-se o nome de gelatinização (Figura 5). O intumescimento dos grãos e consequente aumento de viscosidade das soluções estão relacionados com a quantidade de água presente (Araújo *et al.*, 2008). A faixa de temperatura de gelatinização é específica para cada cereal (Tabela 2).

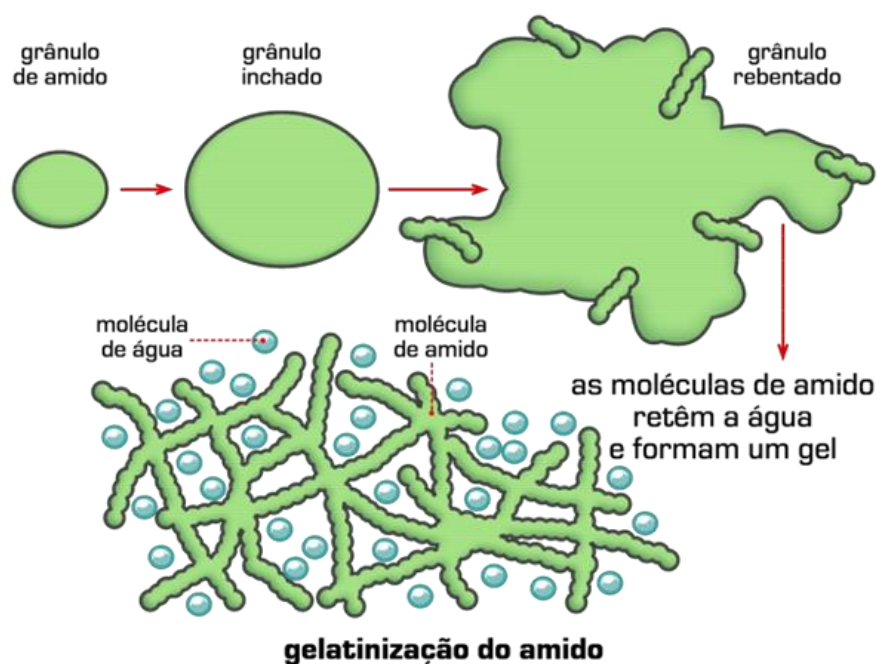


Figura 5 - Processo de gelatinização do Amido. Fonte: Guerreiro e Mata, 2010.

Tabela 2 - Diferentes faixas de temperatura de gelatinização do amido (Araújo *et al.*, 2008).

ALIMENTO	TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO (°C)
Arroz	56 – 60
Batata	58 – 70
Mandioca	62 – 72
Milho	52 – 63
Milho ceroso*	61 – 97
Trigo	63 – 92

* Milho ceroso – milho que não apresenta a fração de amilose.

Segundo Araújo *et al.*, (2008) a gelatinização do amido depende da concentração de amilose e de amilopectina, da presença de açúcares e ácidos na preparação e da temperatura. O tempo para a cocção do amido de diferentes cereais depende da sua granulometria: quanto menor a partícula, menor o tempo de cocção.

O amido de milho contém, aproximadamente, 25% de amilose e 75% de amilopectina. Em suspensão aquosa e com fornecimento de calor, até a temperatura de gelatinização, forma pastas

viscosas e géis opacos (após resfriamento) com grande tendência à retrogradação, características atribuídas à fração de amilose. Este amido é muito utilizado na culinária diária, na indústria e na pesquisa, principalmente como espessante ou gelificante, e para retenção de água (Sandhu, Singh e Kaur, 2004).

2.3.4. Retrogradação e Sinérese

A gelatinização refere-se à formação de uma pasta viscoelástica túrbida ou, em concentrações suficientemente altas, de um gel elástico opaco. Conforme passa o tempo e a temperatura diminui (na refrigeração ou congelamento, principalmente), as cadeias de amido tendem a interagir mais fortemente entre si, obrigando a água a sair e determinando, assim, a chamada sinérese (Germani, 1999).

O processo de reorganização molecular envolvido, conhecido por recristalização ou retrogradação, ocorre quando, após uma solubilização durante o processo de gelatinização, as cadeias de amilose, mais rapidamente que as de amilopectina, se agregam formando duplas hélices estabilizadas por ligações de hidrogênio. Durante o esfriamento e/ou envelhecimento, estas hélices formam estruturas cristalinas tridimensionais altamente estáveis, com padrão B de difração de Raios X (Germani, 1999).

Sabe-se, por exemplo, que a repetição de ciclos congelamento/descongelamento acelera drasticamente a retrogradação e a sinérese. Porém, a principal influência da retrogradação é observada na textura, na aceitabilidade e na digestibilidade dos alimentos que contêm amido (Eliasson, 1996; Tharanathan, 2002; Eliasson, 2004). Pode-se destacar a influência do processo de retrogradação, na perda de água (sinérese) de algumas sobremesas que utilizam o amido como espessante.

No processo de congelamento, a água presente no alimento transforma-se em cristais de gelo, muitas vezes resultando em estresse físico para a matriz estrutural do alimento. Quando o alimento é descongelado para o consumo, a água é facilmente exsudada da matriz, o que provoca uma perda geral da qualidade do alimento, principalmente com relação à perda da textura (Rahman e Lee *et al.*, 2002).

A formação de filmes a partir do amido está associada às suas propriedades de gelatinização e retrogradação (Tako e Hizukuri, 2002).

2.3.5. Interações entre Amido e Leite

As interações entre os hidrolisados de proteína e amido, durante o processamento, podem marcadamente influenciar a rede do gel de amido e o perfil reológico. As proteínas contêm

muitos grupos hidrofílicos capazes de formar ligações cruzadas com amido, podendo ser responsáveis pela maior viscosidade da pasta a frio, quando comparada com a de sistemas apenas com amido e água. Além disso, a caseína do leite, diminui a temperatura de gelatinização do amido (Goel *et al.*, 1999).

A adição de polissacarídeos ao leite pode resultar numa separação de fases. Se a concentração de polissacarídeos excede a certas concentrações, surgirá uma fase enriquecida em polissacarídeos e outra enriquecida em caseína (Tuinier, *et al.*, 2000). Por isso as concentrações de hidrocolóides e caseína precisam ser otimizadas para permitir a máxima interação entre o hidrocolóide e a proteína. Caso essa concentração de hidrocolóide-proteína não seja otimizada, podem resultar interações hidrocolóide-hidrocolóide ou proteína-proteína podendo predominar uma delas, afetando deste modo a gelatinização no leite.

2.4. Goma Xantana

A goma xantana, também conhecida como xantano, é um polissacarídeo extracelular excretado pela bactéria *Xanthomonas campestris* (Phillips e Williams, 2009; Moura *et al.*, 2011). A *Xanthomonas campestris* é uma bactéria fitopatogênica que infecta diversas espécies de crucíferas, causando a morte destas plantas. Quando esta bactéria infecta a planta, ela produz um polissacarídeo de alto peso molecular, conhecido como goma xantana (Fontaniella *et al.*, 2002). Foi descoberta nos anos 1950 nos Northern Regional Research Laboratories (NRRL) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e foi extensivamente estudada devido às suas propriedades que complementarizam as de outros hidrocolóides conhecidos. A produção comercial iniciou-se em 1964 (García-Ochoa *et al.*, 2000).

Comercialmente é obtido a partir da fermentação de amido. O produto resultante é um carboidrato solúvel em água com poder espessante e características que lhe conferem grande versatilidade no que diz respeito a aplicações (Phillips e Williams, 2009; Moura *et al.*, 2011).

A goma xantana é um aditivo alimentar identificado como INS 415 ou E-415, e como tal pode ser utilizado numa variedade de alimentos como espessante, estabilizante, emulsionante e espumante (FAO/WHO, 2012).

Entretanto, há outras espécies de *Xanthomonas* que também são capazes de produzir xantana, com eficiência e qualidade variável (Sutherland, 1982; Hayward, 1993; Rottava, 2005; Mayer, 2006).

Alguns exemplos da utilização da goma xantana na indústria são descritos por Klaic (2010), compreendendo, por exemplo, a utilização em misturas secas para produtos como molhos, sopas, sobremesas instantâneas; em xaropes e coberturas, conferindo consistência a estes produtos;

em polpas de frutas, estabilizando e espessando em bebidas derivadas destas. Em alimentos congelados, a adição de xantana confere estabilidade devido à ligação da água livre, evitando assim a sinérese, comum a estes produtos (Katzbauer, 1998).

No presente trabalho foram utilizadas duas variedades de goma xantana. A goma xantana comum, comercializada sob a designação de Goma Xantana *Clear* pela empresa SOSA® (<http://www.sosa.cat>) e a Goma Xantana de Rápida Dispersão *Premium* comercializada pela empresa *GastronomyLab*® (<http://www.gastronomylab.com.br>).

As informações que conseguimos reunir sobre as características da goma xantana de rápida dispersão foram muito escassas. A ficha técnica do produto (Anexo I) enviada pela empresa *GastronomyLab* informa que é produzida na China pela empresa *Deosen Biochemical Ltd* e tem a designação no produtor de Goma Xantana *Ziboxan* RD. Informação do sítio da empresa (Anexo II) informa que é uma goma de rápida dispersão produzida por fermentação com a bactéria *Xanthomonas campestris* e ainda que é uma goma xantana pré-hidratada.

Não foi possível obter na literatura informação mais detalhada sobre este produto e o processo de modificação de propriedades da goma xantana envolvido na sua produção. Contudo, diapositivos de uma conferência realizada pelo Prof. John Richard Mitchell, da Universidade de Nottingham no Reino Unido, em 19 de Abril de 2012, intitulada “*Physically modified xanthan gum - a replacement for starch in food*” fornecem algumas pistas.

Assim cremos que a goma xantana de rápida dispersão usada será uma goma xantana modificada por processos físicos, eventualmente de uma forma idêntica à descrita pelo Prof. Mitchell, em que misturas de goma xantana e água são aquecidas e sujeitas a extrusão, sendo o produto resultante posteriormente seco e pulverizado.

Este produto foi descrito por Mitchell *et al.* (2007) como tendo propriedades diferentes da goma xantana original em particular as referidas em seguida. Eventualmente durante o processo de extrusão a estrutura em hélice original da goma xantana é transformada numa rede contínua com zonas de junção helicoidais de diferentes comprimentos. Na subsequente secagem e moagem são criadas ligações cruzadas entre as cadeias do material (Figura 6). Uma vez hidratada em água fria a goma xantana extrudida em vez de formar uma solução molecular, forma partículas que se comportam como géis de polieletrólitos com super-dilatação.

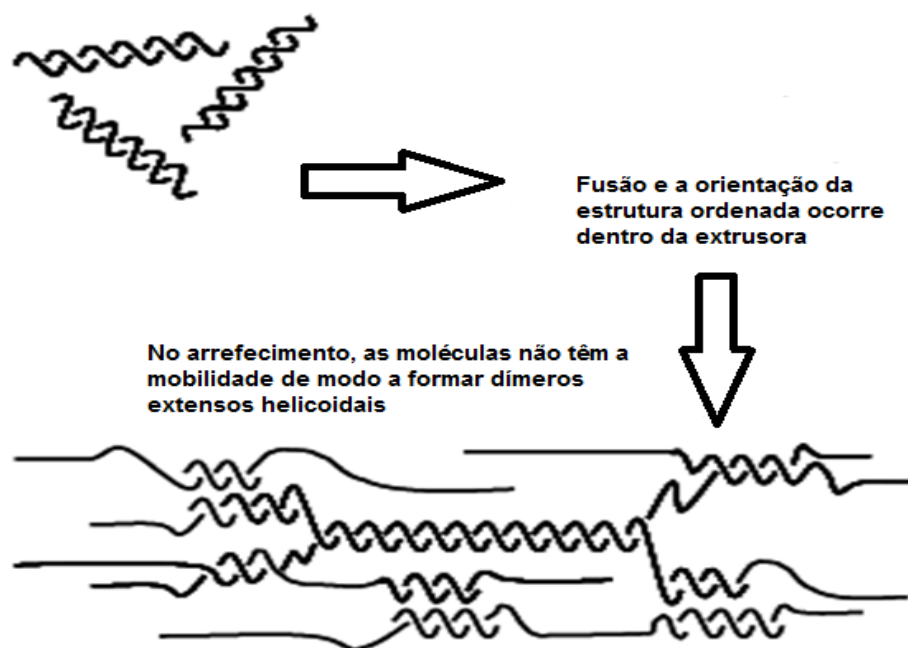


Figura 6 - Modelo de organização molecular da goma xantana resultante da extrusão e subsequente secagem. Fonte: Mitchell *et al.*, 2007.

Diante das informações, a goma xantana RD exibe melhor dispersibilidade, caracterizada através da Figura 7.

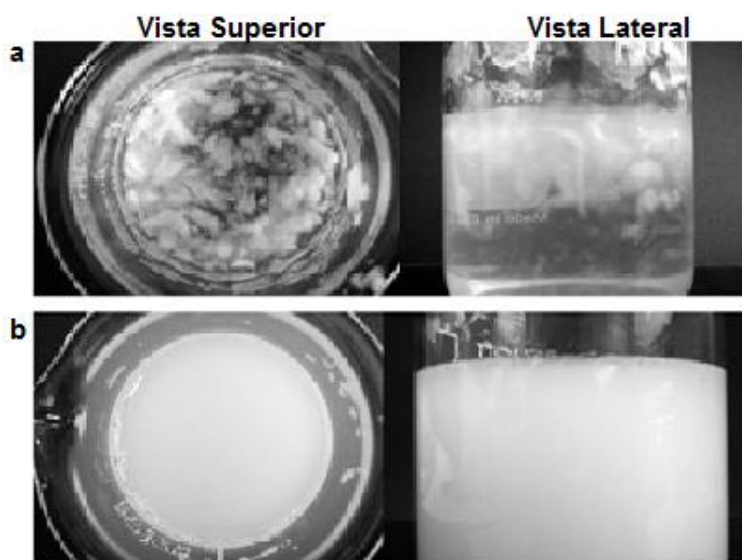


Figura 7 - Imagens de dispersões de goma xantana em água destilada (75% (p/p)) **a)** goma xantana, não-processada e **b)** goma xantana extrudida (dispersões preparadas misturando com uma colher durante 10s). Fonte: Mitchell *et al.*, 2007.

A viscosidade das misturas com goma xantana extrudida é muito dependente do teor de sal.

Existe grande diferença na viscosidade de soluções a baixa temperatura com os dois tipos de goma xantana, sendo superior a viscosidade das soluções com a goma xantana processada. Por aquecimento tendem a adquirir valores idênticos de viscosidade, sugerindo isto que a estrutura particulada das misturas com goma xantana processada se perde e a mistura fica com uma estrutura idêntica à da goma não processada.

Apesar de não termos a confirmação da goma xantana usada corresponder à goma xantana descrita acima, são de esperar diferenças na textura e propriedades reológicas das misturas obtidas com os dois tipos de goma xantana.

2.4.1. Estrutura da Goma Xantana

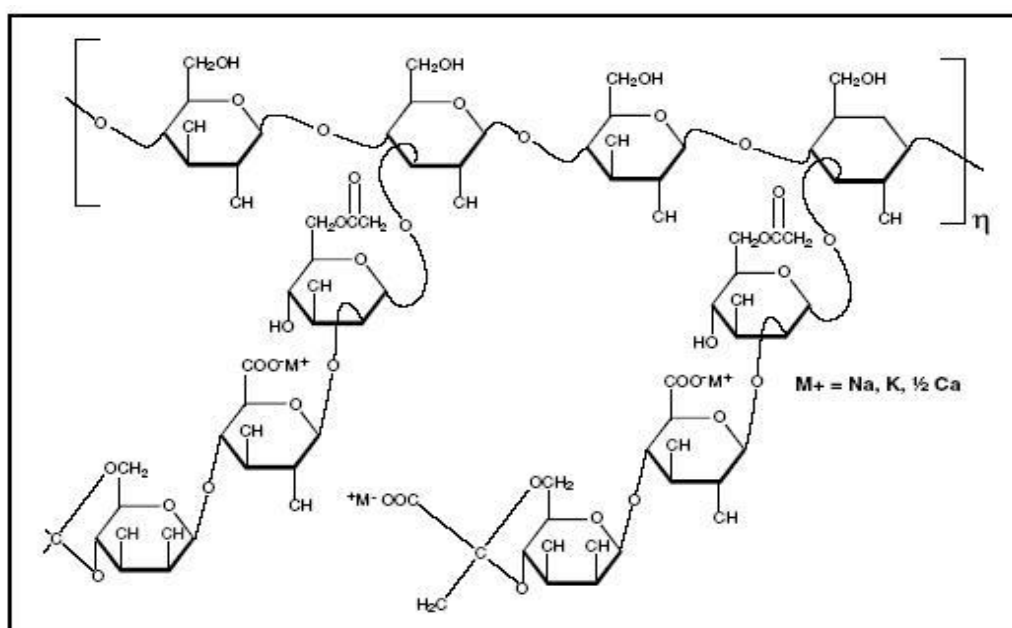


Figura 8 - Estrutura molecular da goma xantana (Ribeiro e Seravalli, 2004).

No que diz respeito à estrutura química, a goma xantana é um heteropolissacarídeo constituído por uma cadeia principal linear de $\beta(1 \rightarrow 4)$ β -D-glucopirranose com ramificações trissacarídicas em carbonos alterados de $(3 \rightarrow 1)$ α -D-manopirranose - $(2 \rightarrow 1)$ β -D-ácido glucurónico - $(4 \rightarrow 1)$ β -D-manopirranose (Figura 11). Cerca de 40% dos resíduos de manose terminais estão ligados a uma molécula de ácido pirúvico pelas posições 4 e 6. A manose ligada à cadeia principal está frequentemente acetilada na posição 6. Desta estrutura, resulta uma cadeia rígida (Morris, 1990; Williams, 2007).

Apresenta assim uma estrutura similar à celulose, contendo ramificações de grupos oligossacarídeos ligados a ácido pirúvico (Ribeiro e Seravalli, 2004).

Muitas das propriedades reológicas da goma xantana derivam de sua conformação dupla-hélice adotada em solução. A cadeia lateral trissacarídica alinha-se com a cadeia celulósica principal, estabilizando a conformação por interações não-covalentes (Sutherland, 1998).

A sua estrutura ramificada e o alto peso molecular conferem à goma xantana uma alta viscosidade, mesmo em baixas concentrações. A rede tridimensional formada por associações de cadeias de goma xantana tem suficiente estabilidade para actuar com eficiência em suspensões e emulsões (Katzbauer, 1998).

2.4.2. Propriedades Funcionais

Uma característica importante da goma xantana consiste no facto das suas soluções exibirem propriedades pseudoplásticas – a viscosidade diminui com o aumento da taxa de deformação. A pseudoplasticidade da goma xantana realça o sabor e diminui a sensação de gomosidade do alimento na boca, em virtude da baixa viscosidade percebida durante a mastigação, contribuindo assim para conferir boas características sensoriais (Challen, 1994; Katzbauer, 1998).

As propriedades exibidas pela xantana são determinadas pela sua composição química, ligações, arranjo e massa molar. Essas características podem ser alteradas por mudanças na espécie, estirpe e biótipo das bactérias que a produzem (Morris, 1984; Sutherland, 1993; Moreira *et al.*, 2003).

A temperatura de dissolução afeta grandemente a viscosidade por controlar a conformação molecular. A molécula da goma xantana parece assumir duas conformações, helicoidal e randômica, dependendo da temperatura de dissolução (Horton *et al.*, 1985; García-Ochoa e Casas, 1994; García-Ochoa *et al.*, 2000).

Este biopolímero é aplicado em alimentos e outros segmentos como agente espessante, estabilizante e emulsionante e em sinergismo com outras gomas pode atuar como gelificante (López *et al.*, 2001).

2.4.3. Efeito de Sais, pH e Temperatura na Viscosidade da Solução

Para optimização das propriedades reológicas da goma xantana, deve estar presente em solução algum tipo de sal; usualmente os sais naturalmente existentes na água da torneira são suficientes para gerar estes efeitos. Concentrações de sais superiores a 1-2% na água podem retardar a hidratação da goma xantana e, portanto, recomenda-se hidratar a goma na ausência de excesso de sal. Uma vez hidratada, pode adicionar-se sal sem efeitos adversos (Phillips e Williams, 2000; Rochefort e Middleman, 1987).

As soluções da maioria dos hidrocolóides experimentam uma diminuição da viscosidade com o aumento da temperatura, sendo que a goma xantana é uma exceção entre 0 °C e 100 °C (Pasquel, 1999).

Apesar de possuir um custo mais elevado que os polímeros utilizados tradicionalmente, a goma xantana é a única que apresenta simultaneamente alta viscosidade (elevada capacidade espessante, suspensiva e lubrificante) e pseudoplasticidade (diminuição da viscosidade com o aumento da taxa de deformação, diminuindo a sensação de gomosidade na boca, por exemplo) e uma certa tixotropia (decréscimo da viscosidade aparente com o tempo de deformação) em baixas concentrações (proporcionando economia); apresenta elevada estabilidade térmica e iônica numa ampla faixa de pH, quando comparada a outros polímeros (Cotrell, 1979; Sutherland, 1982; García-Ochoa, 2000); é facilmente biodegradável e não apresenta nenhuma toxicidade (Cotrell, 1979; Parfitt, 1999). Estes aspectos tornam a xantana um biopolímero de uso múltiplo (Morris, 1984).

2.5. Caracterização Física

2.5.1. Avaliação das Propriedades de Textura

As propriedades de textura de um alimento representam um grupo de características físicas que são consequência dos seus elementos estruturais, estando relacionadas com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, e são medidas objetivamente em função do tempo, massa e distância, não estando relacionadas com os sentidos químicos de sabor e odor. Sendo assim, textura consiste em um número de diferentes sensações físicas chamadas de propriedades texturais (Bourne, 2002).

A percepção dos atributos de textura é difícil de prever, devido às constantes mudanças que o produto sofre quando em contato com a boca, no entanto atributos como a dureza têm boa correlação entre resultados instrumentais e sensoriais (Guinard e Mazzucchelli, 1996; Nattress, 2004). Assim a dureza, ou firmeza, é uma propriedade física do material que pode ser utilizada na avaliação instrumental da textura dos alimentos, sendo usualmente avaliada por técnicas de compressão e texturometria (Sousa, 2001).

Tem-se observado grande interesse no desenvolvimento e emprego de testes mecânicos que simulem a avaliação sensorial de textura (Peleg, 1983), merecendo destaque a Análise do Perfil de Textura (TPA) instrumental, que vem sendo aplicado com eficiência para uma gama de alimentos (Pons e Fiszman, 1996). A análise do perfil de textura instrumental é um tipo de teste muito interessante quando se pretende avaliar diferenças de textura sem recorrer ao painel de provadores (Sousa, 2001).

O equipamento mais utilizado e mais eficaz para a determinação dos parâmetros de textura dos alimentos é o texturómetro (Figura 9), este é um equipamento constituído por um dinamómetro que fornece energia mecânica a taxa constante. O resultado obtido é uma curva força *versus* tempo (ou força *versus* distância) onde se regista a variação dos parâmetros de textura do material. Este equipamento realiza diversos testes, sendo um dos mais populares o denominado ensaio das duas dentadas («*two bite*»), em que a sonda atua duas vezes sobre a amostra em penetrometria ou em compressão, com um tempo de espera entre elas. O objetivo é reproduzir a ação de duas dentadas (incisivos ou molares), dando certo tempo de recuperação ao material (Sousa, 2001).

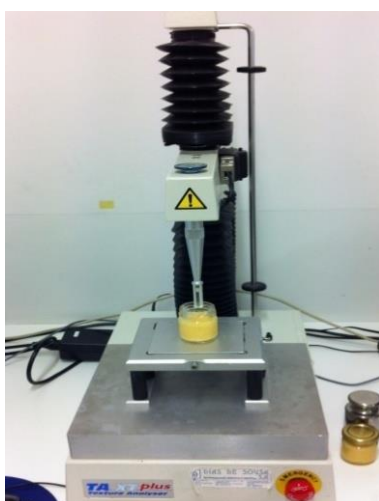


Figura 9 - Texturómetro TA.Xtplus da *StableMicrosystems*.

O TPA simula a ação de mastigação e corte dos dentes, permitindo a análise do texturograma obter informações que se relacionam diretamente com a avaliação sensorial (Bourne, 2002).

As componentes de estrutura, composição da amostra e as condições físicas dos testes influenciam o comportamento dos materiais, bem como, a avaliação dos seus parâmetros de textura. Dessa forma, deve-se levar em consideração a dimensão e geometria da amostra, o método de determinação, o tipo de sonda que deverá ser utilizada e a temperatura da amostra e do meio ambiente.

Na Figura 10 apresenta-se uma representação esquemática típica de um ensaio de duas dentadas no texturómetro.

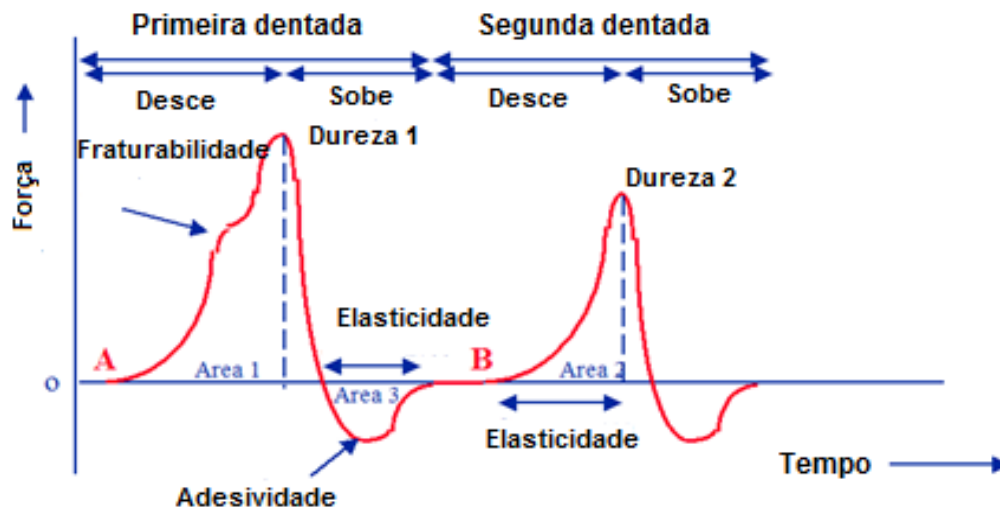


Figura 10 - Representação gráfica de um texturograma típico de um gel e seus parâmetros de textura (Bourne, 2002).

A tabela 3 resume os principais parâmetros de textura que estão bem correlacionados com a avaliação sensorial de um determinado alimento, bem como o modo como são obtidos a partir de um texturograma.

Neste trabalho, optou-se pelo teste das duas dentadas em modo de penetração para avaliar a textura dos cremes de pasteleiro.

2.5.2. Caracterização Reológica

De uma forma genérica pode definir-se Reologia como sendo a ciência que estuda o escoamento e a deformação dos materiais, sob a influência de forças mecânicas (Sousa, 2001)

Em termos reológicos, considera-se que a forma como os materiais respondem às forças aplicadas e as respectivas deformações dependem da sua estrutura interna. Conceitos básicos de tensão (força/área) e tempo do processo de deformação estão na base de todas as avaliações reológicas (Tabilo-Munizaga e Barbosa-Canovas, 2005).

O conhecimento das características e mudanças reológicas pelas quais passa um produto, é importante para controlar e otimizar processos, aumentando a qualidade dos produtos (Peressini *et al.*, 2002).

Tabela 3 - Definições instrumentais, físicas e sensoriais dos parâmetros do perfil de textura (Civille e Szczesniak, 1973; Bourne, 1978; Stable Micro System, 2001).

Parâmetros	Instrumental	Física	Sensorial
Dureza	É definido como pico de força durante o primeiro ciclo de compressão ou penetração.	Força necessária para produzir uma certa deformação.	Força requerida para compressão entre os dentes molares (para sólidos) e entre a língua e o palato (para semi-sólidos).
Coesividade	Razão entre a área da força positiva do segundo ciclo e a área da força positiva do primeiro ciclo ($\text{Área}_2/\text{Área}_1$).	Quantidade de energia necessária para romper as ligações internas das amostras.	Grau de compressão de uma substância entre os dentes antes de romper.
Elasticidade	É a medida da recuperação que o material atinge entre o final do primeiro ciclo de compressão e o segundo ciclo de compressão.	Capacidade de um material deformado voltar à condição não deformada depois que a força de compressão é removida.	Grau a que o produto volta à sua forma original depois da compressão com os dentes.
Adesividade	É a área da força negativa do primeiro ciclo de compressão, representando a força necessária para a retirada do “probe” do alimento (Área_3).	Energia necessária para superar forças atractivas entre a superfície do alimento e outros materiais com os quais o alimento está em contato (sonda).	Força requerida para remover o material que adere à boca (palato) durante o processo normal de comer.
Fraturabilidade	Quando são registados dois picos durante o primeiro ciclo, corresponde à força registada no primeiro pico.	Força para a qual o material fratura.	Força com que uma amostra esmigalha, racha ou quebra em pedaços.
Gomosidade	É definido como o produto da dureza pela coesividade.	Energia requerida para mastigar alimentos semi-sólidos até à deglutição.	Energia requerida para desintegrar uma amostra semi-sólida até à consistência adequada para deglutição.

O conhecimento dos parâmetros reológicos dos alimentos permite a previsão das suas propriedades de escoamento, assim como a sua influência na sensação residual da boca e na textura do produto (Nunes *et al.*, 2004).

Os fluidos ideais seguem a lei de Newton (a tensão é directamente proporcional à taxa de deformação) e os sólidos ideais a lei de Hooke (a tensão é directamente proporcional à deformação) (Sousa, 2001). A propriedade reológica de interesse no caso dos materiais sólidos é a elasticidade e dos líquidos é a sua viscosidade. Na prática, é difícil distinguir entre sólidos e líquidos, havendo materiais que combinam simultaneamente as características de um fluido viscoso com as de um sólido elástico, e são denominados de viscoelásticos (Boger e Walters, 1993; Morais, 2001; Alves, 2003; Ibarz e Barbosa-Cánovas, 2005; Williams, 2007).

No material elástico a deformação ocorre instantaneamente quando a tensão é aplicada, e desaparece imediatamente quando a força é removida. Num material elástico a deformação é proporcional à tensão aplicada independente do tempo de aplicação da tensão e não se observa nenhuma deformação quando a força é removida. Num material viscoso, a deformação depende da tensão aplicada e do tempo de aplicação, sendo uma deformação permanente. Num material viscoelástico a deformação ocorre de forma análoga à de um material viscoso, mas há uma recuperação parcial da deformação quando a tensão é removida (Figura 11).

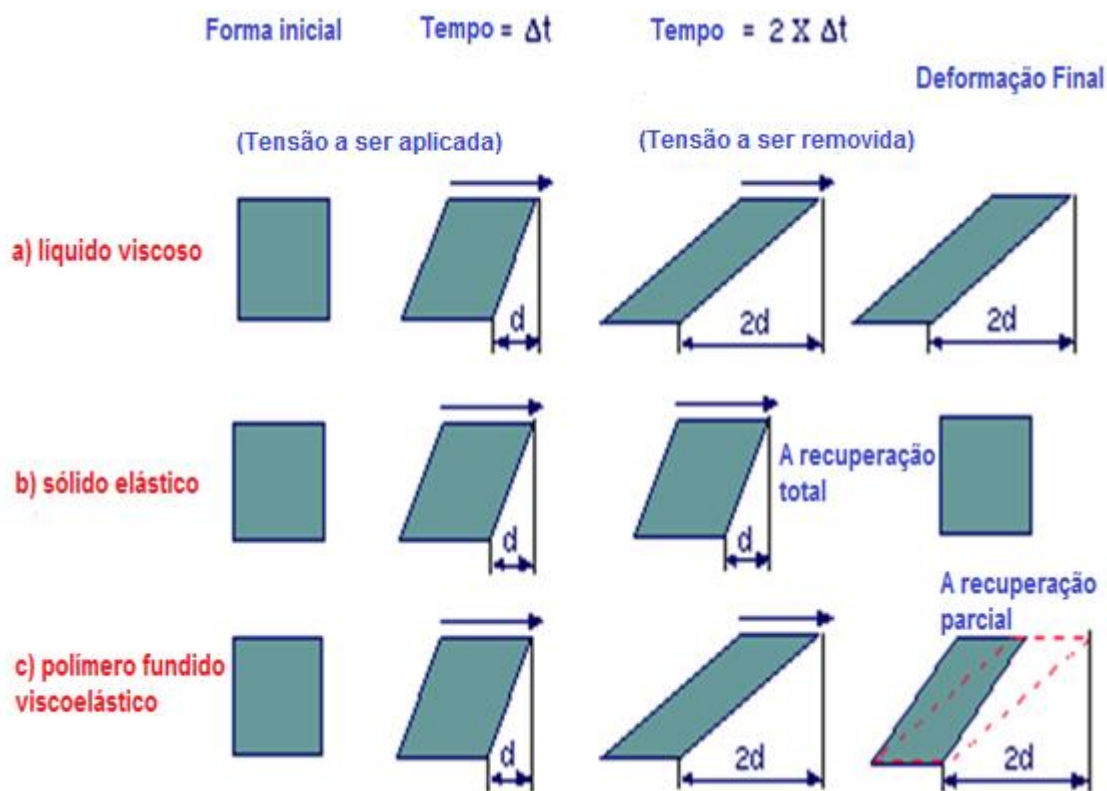


Figura 11 - (a) Líquido viscoso ideal, se deforma continuamente sob a tensão aplicada. (b) Sólido elástico ideal, se deforma imediatamente após a aplicação de tensão, mas é totalmente recuperada quando a tensão é removida. (c) Termoplástico derretido, deforma continuamente sob a tensão aplicada (como um líquido viscoso), mas também recupera parcialmente a partir da deformação após a remoção da tensão aplicada (como um sólido elástico).

Fonte: www.dc.engr.scu.edu, consultado em: 26 de Maio de 2014.

A propriedade do fluido que tem a maior influência nas características de escoamento é a viscosidade, a qual descreve a magnitude da resistência ao escoamento quando uma velocidade de deformação é aplicada (Singh e Heldman, 1993).

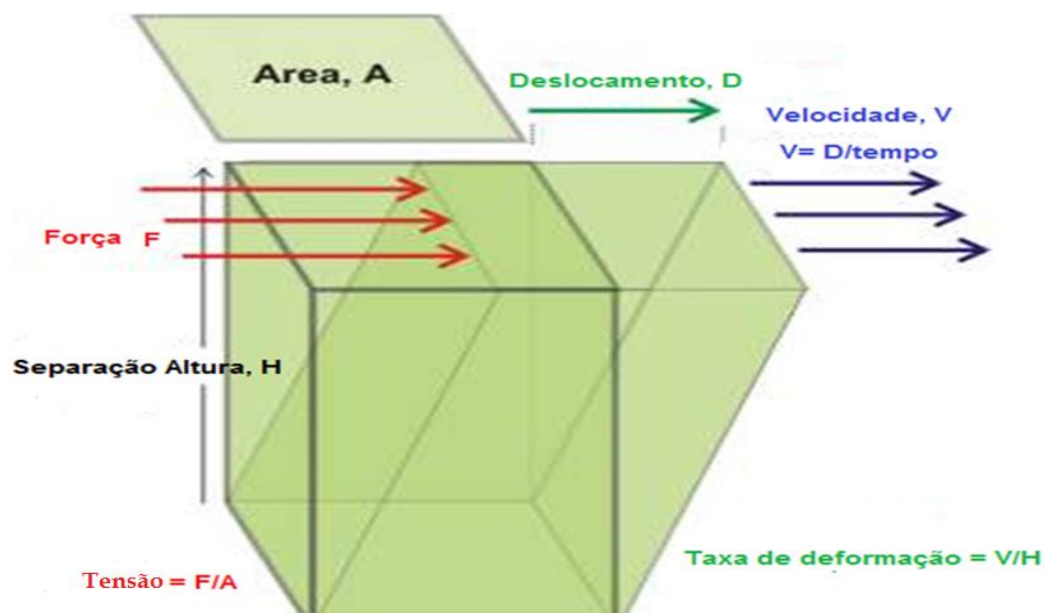


Figura 12 - Modelo do comportamento de um fluido sujeito à aplicação de uma força tangencial exterior. Adaptado de: (Chaplin, 2014).

Considerando a Figura 12, se duas placas (área A) separadas por um fluido (altura de separação H) são movidas relativamente uma à outra a uma velocidade V , pela aplicação de uma força tangencial F , a lei de Newton diz que a tensão (F/A) é directamente proporcional à taxa de deformação (V/H). A constante de proporcionalidade é a viscosidade (Chaplin, 2014). Ou seja a velocidade do escoamento, que pode ser mantida por uma força aplicada, é controlada pela resistência interna do fluido, isto é, por sua viscosidade (Scharamm, 2000).

A viscosidade de um alimento líquido depende da temperatura e da composição e pode também depender da taxa de deformação, do tempo de cisalhamento, assim como do histórico anterior do cisalhamento. A classificação mais geral dos fluidos, que leva em consideração o comportamento da relação tensão/taxa de deformação, subdivide tais materiais em newtonianos e não-newtonianos (Rao, 1996; Steffe, 1996).

Os fluidos newtonianos, que seguem a lei de Newton, possuem um valor viscosidade invariável a uma temperatura constante, enquanto que nos fluidos não-newtonianos a viscosidade aparente depende da taxa de deformação (Chhabra e Richardson, 1999; Singh e Heldman, 1993). Ou seja, nos fluidos não-newtonianos não há proporcionalidade direta entre a tensão aplicada e a taxa de deformação. Os alimentos são quase sempre classificados como fluidos não-newtonianos (Rao, 1999).

Os fluídos não newtonianos podem ter ainda um comportamento reoespessante, que é definido pelo aumento de viscosidade com a taxa de deformação, e que não é muito comum em alimentos. Um exemplo deste comportamento ocorre em dispersão de amido em água (Alves, 2003).

Ou um comportamento reofluidificante quando a viscosidade diminui com a taxa de deformação, o que significa que à medida que uma determinada taxa de deformação é aplicada, se vai destruindo a estrutura interna do material, o que corresponde a um decréscimo de viscosidade. Para taxas de deformação mais elevadas ocorre uma reorganização das moléculas, correspondendo a um fluxo conjunto de agregados, que através de um processo dinâmico estabelecem um equilíbrio, correspondente ao segundo patamar Newtoniano. Este tipo de estruturação do material que condiciona a variação da viscosidade aparente com a taxa de deformação está ilustrado na Figura 13.

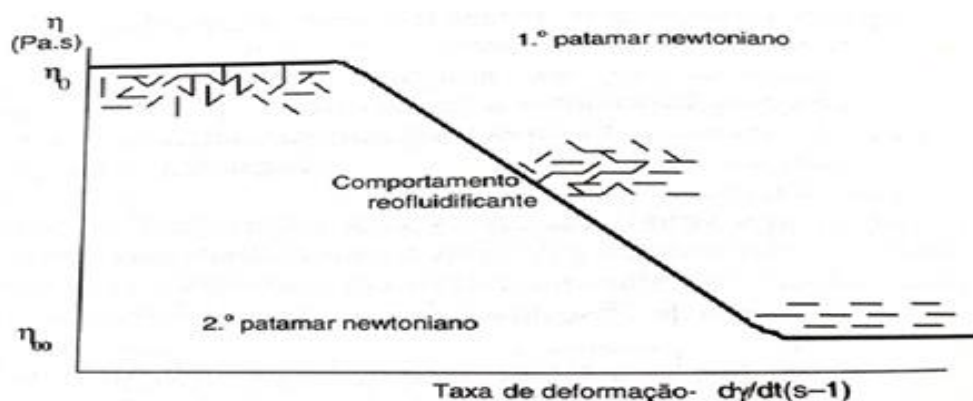


Figura 13 - Variação da viscosidade aparente de uma solução de um polímero de moléculas em forma de bastonetes alongado. Alinhamento sucessivo dos bastonete segundo as linhas de corrente (Sousa, 2001).

A generalidade dos alimentos não apresenta um fluxo com um comportamento newtoniano, tal como se referiu, e são essencialmente viscoelásticos. De facto, a maioria dos fluidos alimentares são reofluidificantes e normalmente apresentam uma predominância da componente viscosa, (Sousa, 2001). Por exemplo, as maioneses, molhos para saladas, queijos de pasta mole, iogurtes, margarinas, patés, chocolate fundido, entre outros alimentos, como as massas de bolachas e de pão apresentam este tipo comportamento (Alves, 2003).

Os ensaios oscilatórios dinâmicos são o método mais comuns para estudar o comportamento viscoelástico de fluidos alimentícios. Nos instrumentos oscilatórios, as amostras são submetidas a deformações e tensões que variam harmonicamente. Os resultados reflectem a composição química e estrutura física, sendo estes muito úteis em uma variedade de aplicações,

incluindo a avaliação da força de géis, monitoramento da gelatinização de amido, estudo do fenômeno da transição vítrea, observação da coagulação ou desnaturação de proteínas, avaliação de coágulo em produtos lácteos, derretimento de queijos, desenvolvimento de textura em produtos de panificação e produtos cárneos, testes de vida-de-prateleira e a correlação das propriedades reológicas com a percepção sensorial humana (Steffe, 1996).

Os tipos de testes dinâmicos mais comuns que se realizam são: (1) varrimento de frequências (*frequency sweep*); (2) varrimento de tensão (*strain sweep*). Os ensaios realizados foram os de varrimento de frequência e de tensão pelo que serão descritos com mais detalhe.

Os *ensaios de varrimento em frequência* são considerados os ensaios oscilatórios mais comuns, pois estão relacionados com o estudo da variação do comportamento viscoelástico de um material em função da taxa de aplicação da tensão. Em função da frequência de oscilação aplicada, a determinada deformação e temperatura constante são obtidos os valores de G' (módulo de armazenamento de energia – representa o comportamento elástico da amostra) e G'' (módulo de perda de energia – representa o comportamento viscoso da amostra). Com base nos valores obtidos de G' e G'' , atribuiu-se a designação de géis estruturados, a sistemas para os quais G' é superior (pelo menos 10 vezes) a G'' em toda a gama de frequências estudada. São considerados géis fracos, sistemas para os quais G' e G'' apresentam uma pequena diferença entre si e uma grande dependência face à frequência.

Os *ensaios de varrimento de tensão* são testes feitos em regime oscilatório, em que a tensão é programada para variar. Os parâmetros a serem definidos consistem na faixa de tensão aplicada (amplitudes mínima e máxima), na frequência da oscilação e no número de intervalos do teste. Geralmente as propriedades reológicas de um material viscoelástico são independentes da tensão até um certo ponto (tensão crítica), a partir daí verifica-se um comportamento não linear. O teste de varredura de tensão, é adequado para a determinação da faixa de viscoelasticidade linear. (Nascimento, 2007). Este é um teste preliminar para se determinar a amplitude máxima (em termos de tensão ou de deformação) em que as propriedades viscoelásticas não variam em função da tensão ou da deformação. Este valor de amplitude máxima não deve ser excedido quando forem realizados outros testes oscilatórios como, por exemplo, o teste de varrimento de frequência.

2.5.3 Avaliação Instrumental da Cor

O consumo de um alimento, conhecido ou não do consumidor depende, em primeira instância, da sua cor e do seu aspecto, pois quando um consumidor entra em contato com o alimento, a cor e a aparência são as duas primeiras sensações percebidas, e é o que o levará à aceitação, indiferença ou rejeição (Bobbio e Bobbio, 1992).

De acordo com Good (2007), a medida quantitativa das cores dos alimentos pode ser muito útil e vantajosa, nomeadamente para:

- Melhoria nas comunicações entre fornecedor e consumidor;
- Consistência da cor do produto;
- Melhoria do sabor do produto;
- Redução do desperdício;
- Uniformização da densidade do produto;
- Melhoria da satisfação do consumidor.

Os sistemas de medidas de cor são utilizados para medir uma ampla faixa de produtos alimentícios, tais como, frutas e vegetais, tanto *in natura* como processados, produtos lácteos, carnes e produtos cárneos (incluindo peixe e aves), cereais, óleos, xaropes, açúcares e bebidas (Good, 2007).

O equipamento utilizado para a avaliação instrumental da cor dos alimentos é o colorímetro (Figura 14), que funciona acoplado a uma fonte de iluminação padrão, sendo os resultados avaliados pelo sistema de coordenadas L^* , a^* e b^* , também referido como sistema CIELAB.



Figura 14 - Colorímetro Minolta CR-300 (Minolta, Japão)

O sistema de medição da cor e respetivas cores estão associadas a coordenadas (L^* , a^* e b^*) (Figura 15). L^* mede a luminosidade, variando entre $L^* = 100\%$ (claro) e $L^* = 0\%$ (escuro). A componente a^* representa a diferença entre a cor verde ($-a^*$) e o vermelho ($+a^*$) e a componente b^* varia entre a cor azul ($-b^*$) e o amarelo ($+b^*$). Através do conjunto das três coordenadas (L^* , a^* e b^*) a cor é descrita objetivamente e pode ser localizada no espaço de cor. Tal procedimento é

importante para fazer a comparação entre a cor de vários alimentos e para acompanhar a evolução da cor ao longo do tempo (Sahin e Sumnu, 2006).

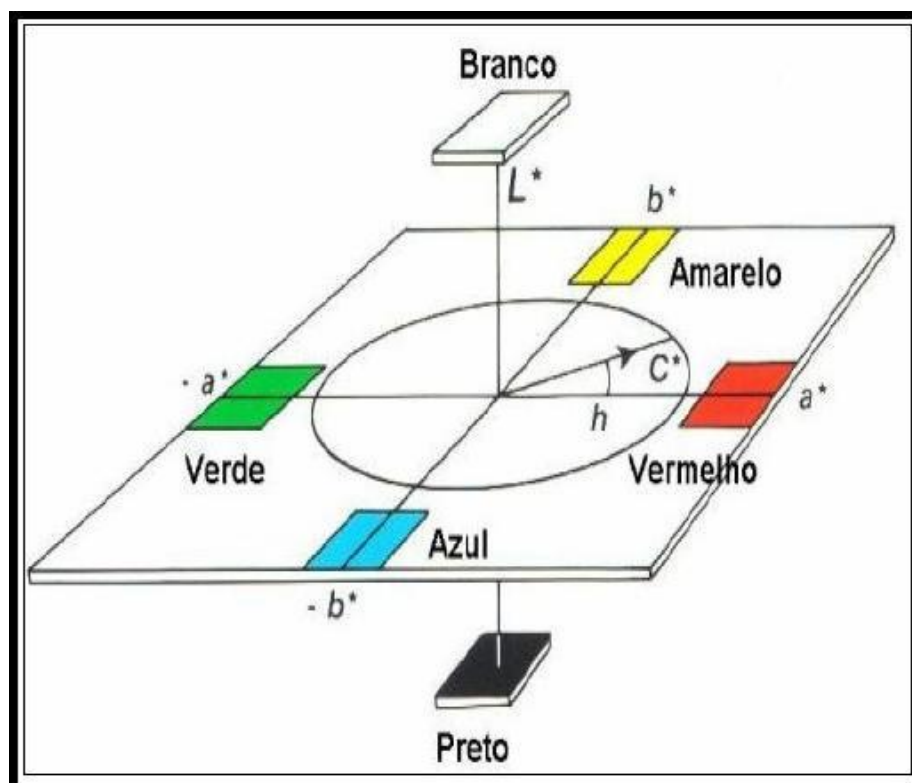


Figura 15 - Sistema de coordenadas L*a*b* (Hunter Lab, 2007).

2.6. Maracujá (*Passiflora edulis* forma *Flavicarpa*)

Maracujá, nome popular dado a várias espécies do gênero *Passiflora* (o maior da família Passiflorácea), vem de maraú-ya, que para os indígenas significa “fruto de sorver” ou “polpa que se toma de sorvo” (Ital, 1994).

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores mundiais de maracujá (*Passiflora edulis*) o qual é originário da América Tropical e possui mais de 150 espécies nativas no país (Gonçalves, 2006; Souza, 2006). Destas 60 produzem frutos que podem ser aproveitados direta ou indiretamente como alimento. As variedades de maracujá mais conhecidas e de maior aplicação comercial são o maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *Flavicarpa* Deg.), o maracujá roxo (*Passiflora edulis* Sims) e o maracujá doce (*Passiflora alata* Dyander) (Folegatti e Matsuura, 2002). Estima-se que mais de 60% da produção brasileira de maracujá seja para o consumo *in natura* e o restante destinado às indústrias de processamento, sendo o suco concentrado seu principal produto (Rossi *et al.*, 2001).



Figura 16 - Maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*), Foto da autora.

O maracujá roxo (*Passiflora edulis* Sims) é um fruto tropical nativo do Brasil, mas hoje em dia é cultivado na maioria dos países tropicais e subtropicais (Parliament, 1972). O maracujá roxo é ainda cultivado na Austrália, Índia, Sri Lanka, Nova Zelândia e África do Sul (Narain *et al.*, 2004). O maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*) é uma das frutas tropicais mais populares e mais conhecidas, com aroma frutado, floral, com uma nota exótica tropical sulfúrea (Werkhoff *et al.*, 1998). O maracujazeiro amarelo é cultivado no Brasil, Havaí, Fiji e Taiwan (Narain *et al.*, 2004). Devido ao seu sabor mais desejável, o maracujá roxo é o preferido para o consumo como fruta fresca, enquanto o maracujá-amarelo é considerado mais apropriado para o processamento (Jordan *et al.*, 2002).

Uma das formas encontradas pelas indústrias para utilização dos excedentes de produção foi a conservação de frutas na forma de sucos, polpas e outros produtos. A polpa de fruta congelada é o produto obtido a partir da parte comestível da fruta, após a trituração e/ou despolpamento e preservação por congelamento. Sua utilização é quase sempre como matéria-prima para processamento de outros produtos, como néctares, sucos, geleias, sorvetes e doces (Raimundo *et al.*, 2009).

Nos últimos anos o mercado brasileiro de maracujá tem crescido substancialmente. O suco de maracujá, além de ser fonte de vitaminas e minerais, é amplamente aceito por suas características sensoriais que conferem sabor e aroma acentuados ao suco e produtos derivados (Sandi *et al.*, 2003).

Os aromas provenientes de frutas tropicais têm despertado bastante interesse das indústrias de alimentos para o desenvolvimento de novas bebidas e sobremesas. Segundo Franco e Thomazini (2000) o aroma e o sabor são resultado da presença de numerosos constituintes que se

encontram em concentrações muito variáveis e que contribuem para os aromas e sabor global em graus muito diversos, não só em função da natureza química, mas também pela sua concentração. Devido ao seu sabor único e delicado, espécies do gênero *Passiflora* têm sido objeto de intensa pesquisa sobre os seus constituintes voláteis (Engel e Tressl, 1991).

2.6.1. Aspectos Físico-Químicos do Maracujá

Vários fatores podem influenciar as características físico-químicas do maracujá, dentre eles, o estado de maturação, idade das plantas, condições climáticas, estado nutricional, polinização e fertilização do solo (Ritzinger *et al.*, 1989; Costa *et al.*, 2001). Além disso, o manejo da água utilizada na irrigação assume destacada importância no incremento da produção e na qualidade dos frutos (Carvalho *et al.*, 1999).

Tabela 4 - Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) estabelecidos para polpa de maracujá amarelo (Brasil, 2000).

Parâmetro	Mínimo	Máximo
Sólidos solúveis em °Brix, a 20 °C	11,0	-
pH	2,7	3,8
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g)	2,5	-
Açúcares totais naturais do maracujá (g/100 g)	-	18,0
Sólidos totais (g/100 g)	11,0	-

Segundo Tavares *et al.* (2003), o suco do maracujá possui uma acidez alta; elevado teor de água e baixos teores de proteínas e lipídeos; é boa fonte de açúcares e fósforo, fonte regular de ácido ascórbico, cálcio e ferro; apresenta um teor relativamente baixo de taninos e o seu conteúdo de amido e de pectina é baixo.

2.6.2. Compostos Voláteis presentes no Maracujá

A caracterização e monitoramento dos compostos químicos que compõem o aroma são de fundamental importância para o controle de qualidade de frutas e de seus produtos derivados (Plutowska, 2007; Kataoka *et al.*, 2000).

Devido ao seu “flavour” único e delicado, os frutos das espécies do gênero *Passiflora* têm sido assunto de intensa pesquisa, resultando na caracterização de centenas de constituintes voláteis, alguns presentes somente em baixíssimas concentrações (traços). Apesar disso, sabe-se que, por efeitos sinérgicos ou antagônicos, essas substâncias são extremamente importantes na composição do aroma do maracujá (Tocchini *et al.*, 1994).

O fruto do maracujá amarelo, popular por ter um aroma floral de éster com uma exótica nota sulfurosa, tem uma composição volátil muito complexa, que faz com que o seu suco apresente aroma e sabor acentuados (Modesta *et al.*, 2005).

A maior classe de compostos orgânicos identificados na polpa de maracujá pertenceu a ésteres os quais representaram a cerca de 59% da área total de picos. Os principais componentes identificados foram butanoato de hexilo (14,8%), hexanoato de hexilo (10,7%), 3-pentanona (10,3%), butanoato de etilo (8,3%), benzaldeído, (6,9%), propanoato de etilo (5,9%), 1-hexanal (5,1%) e octanoato de etilo (4,9%) (Hiu e Scheuer, 1961).

Num trabalho de Jordan *et al.* (2002) da caracterização química por cromatografia gasosa-espectrometria de massa (GC-MS) do perfil aromático do fruto e do suco de maracujá amarelo permitiu identificar um total de 62 e 34 componentes, respectivamente. Quatro novos componentes foram identificados e quantificados pela primeira vez neste fruto: 3-metil-2-butanona; lactato de etilo (quantificados apenas no sumo de fruta); dietil malonato (quantificados apenas na essência); e 3-penten-2-ol (quantificado em ambas as amostras). Da análise de amostras por GC-O (Cromatografia Gasosa – Olfatometria) resultaram em um total de 66 componentes que pareciam contribuir para o aroma de sumo de maracujá e sua essência aquosa.

Narain *et al.* (2004) analisaram as substâncias voláteis da polpa do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*) usando *headspace* dinâmico e GC-MS. Foram identificadas 48 substâncias voláteis: ésteres (59,24%), aldeídos (15,27%), cetonas (11,70%) e álcoois (6,56%).

Carasek e Pawliszyn (2006) fizeram a extração direta das substâncias voláteis do fruto de maracujá usando microextração em fase sólida do *headspace* (HS-SPME) e a maior classe de compostos orgânicos identificados na polpa de maracujá pertenceu a ésteres os quais representaram cerca de 59% da área total dos picos.

2.6.2.1. Método de Análise de Compostos de Aroma

O aroma de maracujá é resultado de uma mistura de compostos químicos de vários grupos funcionais, como ésteres, aldeídos, cetonas, álcoois e outros. O isolamento para identificação dos compostos voláteis do maracujá têm sido realizados através de várias técnicas, tais como: *headspace* dinâmico (HSD); destilação e extração simultânea (SDE), extração em fase sólida (SPE), microextração em fase sólida (SPME, *Solid Phase Micro Extraction*), uma técnica analítica moderna para a extração de voláteis (Vieira, 2006).

Os perfis dos compostos voláteis neste trabalho foram obtidos por microextração em fase sólida do *headspace* (HS-SPME) utilizando uma fibra de PDMS/DVB e analisados por cromatografia gasosa - espectrometria de massa (GC-MS) (Pontes *et al.*, 2012), pelo que estas técnicas serão tratadas com mais detalhe.

2.6.2.2. Análise HS -SPME – Microextração em Fase Sólida do *Headspace*

A *SPME* (*Solid Phase Micro Extraction*) é uma técnica de preparação de amostras, isenta de solvente, que integra extração e concentração de compostos voláteis e não voláteis de líquidos (extração direta) ou de compostos voláteis do *headspace* (espaço sobre a amostra acondicionada em um sistema fechado) em uma fibra de sílica fundida recoberta por um polímero, um sólido adsorvente ou uma combinação dos dois, numa única etapa de extração (Alpendurata, 2000; Kataoka *et al.*, 2000).

Como referido, a técnica de *SPME* pode ser usada em dois modos distintos: extração direta e *headspace*. Na extração de modo direto, a fibra revestida é inserida diretamente na amostra, e analitos são extraídos diretamente da matriz da amostra na fase de extração. No modo *headspace*, a fibra é colocada logo acima do volume da matriz (que pode ser líquida ou sólida) (Canuto *et al.*, 2011).

A extração dos compostos voláteis do suco de maracujá foi efetuada pela técnica de *headspace* dinâmico, utilizando o suco preparado a partir da polpa do fruto congelado, de acordo com a metodologia descrita por Franco *et al.*, (2004). Também foi esta a técnica usada para extração dos compostos voláteis dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá.

A fibra de sílica é um filamento capilar mantido em uma agulha oca (tubo hipodérmico retrátil). A extremidade exibível da fibra (10-20 mm) é recoberta por um filme polimérico (7-100 μm), cuja natureza química é semelhante à dos enchimentos de colunas cromatográficas (Ex.: polidimetilsiloxano – *PDMS*, poliacrilato – *PA*, carbowax – *CW*, carboxen – *CAR*, divinilbenzeno – *DVB*). Esse filme age como uma esponja, concentrando os analitos orgânicos na sua superfície durante a absorção ou adsorção da matriz da amostra. Na extremidade oposta do dispositivo, existe uma espécie de parafuso (*hub*), que é usado para conectar a fibra ao amostrador (*holder*), possuindo uma cor específica para cada tipo de revestimento de fibra (Figura 17) (Kataoka *et al.*, 2000; Valente e Augusto, 2000).

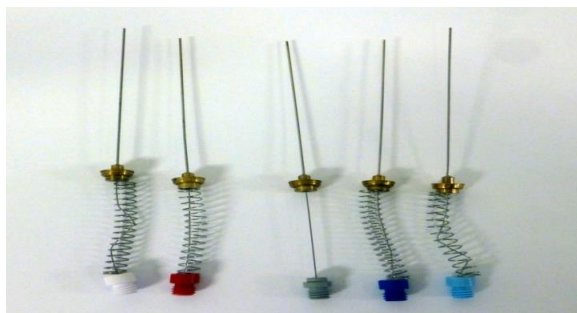


Figura 17 - Conjunto de fibras de *SPME*. A cor da do parafuso ou *hub* identifica o tipo de revestimento de fibra, Foto da autora.

De acordo com Canuto *et al.*, 2011, a fibra é um dispositivo frágil. Neste sentido, para tornar seu uso mais prático, ela é incorporada num amostrador (*holder*), que é um suporte (uma espécie de seringa modificada) que sustenta o dispositivo da fibra de modo que ela seja facilmente manipulável (Figura 18). A fibra é presa a um êmbolo, na extremidade oposta, deixando o tubo hipodérmico exposto, o qual além de proteger a fibra, funciona como agulha na perfuração dos septos dos recipientes das amostras. O movimento do êmbolo para baixo permite que a fibra seja exposta da agulha no momento da extração (momento em que há a captação dos compostos) ou dessorção térmica (momento em que os compostos são retirados da fibra). Ao mover o êmbolo para cima, a fibra é protegida na agulha, principalmente durante o armazenamento e a penetração de septos no momento da captura ou da dessorção (Pawliszyn *et al.*, 1997; Kataoka *et al.*, 2000; Valente e Augusto, 2000).



Figura 18 - Seringa de SPME com fibra exposta, Foto da autora.

O mecanismo de extração se dá pela exposição da superfície ativa da fibra no *headspace*. Um equilíbrio de extração se estabelecerá entre as concentrações dos compostos voláteis da amostra no espaço superior acima da mesma (*headspace*) e o revestimento da fibra. O tempo de extração é determinado pela velocidade deste processo. As moléculas adsorvidas são analisadas diretamente em um cromatógrafo gasoso, inserindo-se a fibra no injetor, no qual elas são termicamente dessorvidas (Kataoka *et al.*, 2000; Valente e Augusto, 2000).

Martendal (2011) menciona que em uma extração de SPME a partir do *headspace*, ocorrem as seguintes etapas:

- 1) Evaporação dos analitos da fase condensada (amostra);
- 2) Convecção dos analitos, por acção do calor, até à proximidade da fase extratora, *headspace* (no caso da amostra ser líquida a agitação favorece o processo);
- 3) Adsorção dos analitos pela fase estacionária extratora que envolve a fibra;
- 4) Difusão (concentração) dos analitos através da fase extratora.

O filme de recobrimento da fibra adequado depende das características físico-químicas (polaridade, peso molecular) dos constituintes de interesse da amostra (Kataoka *et al.*, 2000; Valente e Augusto, 2000). A Tabela 5 mostra a fibra recomendada para cada tipo de analito.

Tabela 5 - Composição química da fibra mais adequada de acordo com as características físico-químicas do analito (Supelco, 2005).

Tipo	Fase extratora	Espessura do filme	Aplicação
Apolares	PDMS	7, 30 e 100 μm	Compostos apolares e voláteis
Polar	PA	85 μm	Compostos de média a alta polaridade (álcoois, cetonas e fenóis). Voláteis de média a alta polaridade
	CW-DVB	65 μm	
Mista (Bi-polar)	PDMS-DVB	65 μm	Voláteis e não-voláteis de baixa a alta polaridade
	Car-DVB	75 μm	Voláteis

PDMS: Polidimetilsiloxano, PA: Poliacrilato; CW-DVB: Carbowax/Divinilbenzeno; PDMS-DVB: Polidimetilsiloxano/Divinilbenzeno; Car-DVB: Carboxen/Divinilbenzeno

Esta técnica tem sido aplicada com êxito em análises de compostos voláteis de diferentes tipos de alimentos como sucos, refrigerantes, bebidas alcoólicas, leite, hortaliças, frutas, mostrando-se uma ferramenta analítica útil na caracterização do aroma e na detecção de contaminantes ambientais, microbiológicos e de substâncias indesejáveis geradas durante processos tecnológicos (Kataoka *et al.*, 2000).

Vantagens do uso da técnica de SPME segundo (Plutowska, 2007; Kataoka *et al.*, 2000):

- Revela de modo mais fidedigno a constituição química do aroma da fruta, em virtude de não utilizar aquecimento nem solvente, fontes de substâncias artificiais e contaminantes;
- Alta sensibilidade, pois a análise é feita apenas com moléculas dispersas no headspace, requer quantidades ínfimas de analito;
- Praticidade, uma vez que o preparo da amostra é simples, levando poucos minutos, além de ser compatível com as análises de separação/ identificação (GC-MS).

2.6.2.3. Cromatografia Gasosa-Espectrometria de Massa (GC-MS)

A técnica de Cromatografia Gasosa – Espectrometria de Massa (GC-MS) é um método analítico que combina as potencialidades da cromatografia gás-líquido e da espectrometria de massa para identificar diferentes substâncias numa amostra. Assim, o equipamento de GC-MS é composto por cromatógrafo gasoso conectado a um espectrômetro de massas.

A cromatografia é um método analítico onde as substâncias a ser separadas são sujeitas a um equilíbrio de fracionamento entre duas fases (Jennings *et al.*, 1997).

Na cromatografia gasosa a amostra é inserida num injetor, sendo de imediato vaporizada e transportada pela fase móvel (o gás de arraste – azoto, árgon, hélio), ao longo de uma coluna, que constitui a fase estacionária. A separação dos componentes da amostra, solutos ou analitos, é determinada pelas características estruturais, e consequentemente pela afinidade de cada um deles com a coluna, originando interações analito-coluna diferentes (McNair e Miller, 2009). Os vários analitos da mistura são assim separados conforme progredem ao longo da coluna, chegando ao fim em momentos diferentes. O tempo que cada componente permanece na coluna é registado como tempo de retenção (*tr*), característico para cada analito (Li *et al.*, 2009).

A desadsorção de um analito de uma fibra SPME depende do ponto de ebulição do analito, da espessura de revestimento na fibra, e da temperatura do injetor. O sistema de SPME é compatível com qualquer sistema GC-MS com coluna empacotada ou capilar, e pode ser usado com injeção *split/splitless* ou directa.

A injeção em modo *splitless* (sem repartição de fluxo) é a mais adequada para o sistema SPME (sem recurso a solvente) e para amostras com analitos ao nível dos traços. Neste caso a amostra injectada é totalmente introduzida na coluna. (Nota: A injeção em modo *split*, com repartição de fluxo, é a mais comum para amostras líquidas e concentradas. Neste caso a amostra vaporizada é parcialmente introduzida na coluna e a restante é eliminada).

No fim da coluna encontra-se um detetor (Figura 19) e a sua função é identificar e medir as quantidades dos componentes da mistura. O sinal saído do detetor alimenta um dispositivo que produz um gráfico denominado cromatograma. Neste é representado o sinal de cada composto através de um pico no seu tempo de retenção respectivo. (Mendham *et al.*, 2002).

O detetor usado, o espectómetro de massa, permite determinar as características das moléculas presentes, convertendo-as em iões (geralmente catiões) de forma a poderem ser separados e manipulados de acordo com as suas massas e cargas (*m/z*) por campos eléctricos e magnéticos externos. A análise dos iões formados fornece dados sobre possíveis estruturas da molécula que lhes deu origem (William, 2013).

Os dados são registados no GC sob a forma de cromatograma, onde a área dos picos é directamente proporcional à concentração dos componentes voláteis da amostra. O MS apresenta uma base de dados que permitem fazer a identificação de um determinado composto por comparação do espectro de massa através de uma vasta biblioteca contendo espectros de referência.

A técnica de GC-MS tornou-se numa técnica muito importante na separação e identificação dos compostos responsáveis pelo aroma dos alimentos devido à possibilidade da

separação de misturas complexas de componentes orgânicos que, de outra forma, seria muito difícil de efectuar (Berlinet *et al.*, 2005).

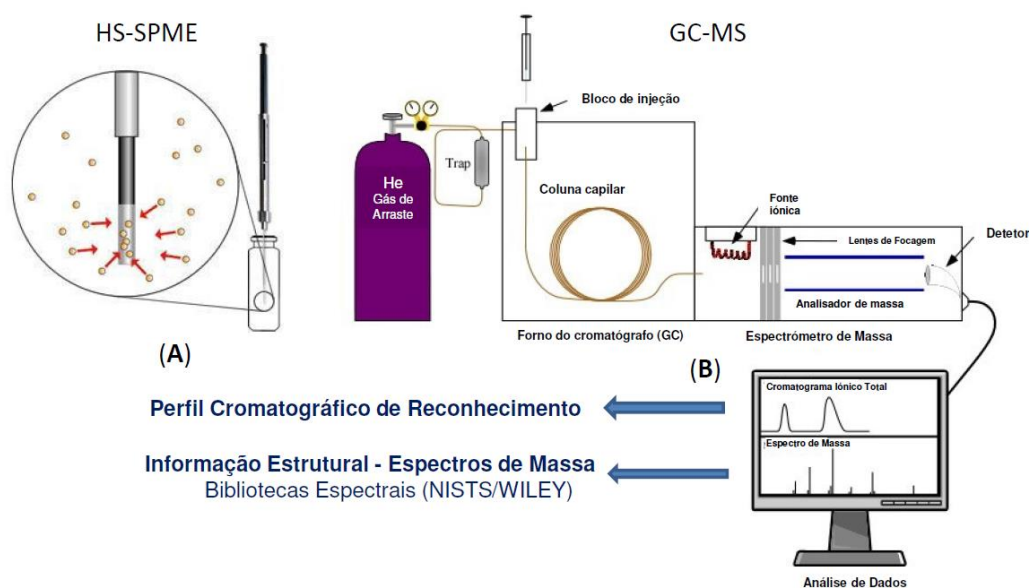


Figura 19 - (A) Esquema *HS-SPME* de extração da amostra; (B) Esquema dos componentes de um sistema *GC-MS*.

2.7. Análise Sensorial

Cada alimento possui propriedades características definidas como atributos sensoriais. Os aspectos qualitativos de um produto incluem aparência, aroma, textura, sabor e pós-sabor (Murray *et al.*, 2001) que são, em geral, percebidos nesta ordem.

As técnicas de análise sensorial permitem determinar, analisar e interpretar as reações relativas às características de alimentos e materiais, nomeadamente como são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, gosto, tato e audição, e a sua relação com atributos como aparência, aroma, sabor e textura (Dutcosky, 1996; Nagato *et al.*, 2003). Contudo, para se avaliar um determinado produto, devem-se especificar quais atributos sensoriais relevantes em cada estudo.

A análise sensorial estuda a relação entre o consumidor e o produto e, por este motivo, na grande maioria das vezes, é a etapa final de um estudo ou pesquisa, avaliando a eficiência dos resultados obtidos relativamente aos consumidores (Drake, 2007; Meilgaard *et al.*, 1999).

Os testes sensoriais são incluídos como garantia da qualidade nas indústrias de alimentos e bebidas por diversas razões. Podem identificar a presença ou ausência de diferenças perceptíveis, definir características sensoriais importantes de um produto, permitir detectar particularidades que não podem ser detectadas por procedimentos analíticos e avaliar a aceitação de produtos

(Muñoz *et al.*, 1992). As diferenças perceptíveis podem ser determinadas pelos testes afetivos, que têm como objetivo conhecer a avaliação de consumidores sobre um ou mais produtos.

2.7.1. Teste de Aceitabilidade pelo Consumidor – Método Afetivo

Os testes afetivos, também chamados de testes de consumidores ou hedônicos, visam obter a opinião subjetiva do provador, que avalia a aceitabilidade de um produto ou se o prefere em relação a outro (Noronha, 2003).

Têm como finalidade a avaliação da aceitação de novos produtos no mercado, bem como definir o mercado consumidor potencial, levando em consideração critérios como sexo, idade, nível sócio – econômico, região geográfica, etnias (Piggot, 2000; Marshall, 1987). As suas principais aplicações são o controle de qualidade, a otimização e desenvolvimento de novos produtos.

Testes afetivos são simples de serem aplicados e não exigem treinamento para os provadores, afinal, um típico consumidor não é treinado para especificar ou quantificar atributos sensoriais específicos em seus alimentos (Drake, 2007). Frequentemente questionários de intenção de compra são incluídos nos testes afetivos (Mason e Nottingham, 2002), pois esta questão é um ponto crítico para a aceitação de novos produtos (Meilgaard, Civille e Carr, 1999).

Estes testes usam uma escala para medir o nível de aceitabilidade dos produtos que relatam as percepções agradáveis e desagradáveis provocados pelos mesmos (Lande Shepherd, 1988). A escala hedônica atualmente constitui a forma mais utilizada em pesquisas de aceitação por estar diretamente relacionada com o estado psicológico consciente de: agradável e desagradável ou gostar e desgostar de um alimento. Para determinar a diferença no grau de preferência entre amostras através de análises estatísticas, esta é convertida em valores numéricos (Lande Shepherd, 1988).

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

Sendo o objetivo deste trabalho estudar a substituição do amido de milho por goma xantana e o seu impacto nas componentes de textura e aroma, foram preparados diversos cremes de pasteleiro aromatizado com maracujá.

O creme de pasteleiro com amido foi preparado com base numa receita clássica, como será descrito detalhadamente adiante. Para a sua preparação utilizou-se leite magro (MIMOSA®), açúcar fino (SIDUL®), amido de milho (Maizena®) e gemas adquiridos no comércio local.

Baseado na formulação do creme clássico foi elaborado o creme de pasteleiro com goma xantana, por um processo descrito detalhadamente adiante. Para estes utilizou-se leite magro (MIMOSA®), leite gordo (MIMOSA®), açúcar fino (SIDUL®) e gemas adquiridos no comércio local. Para aromatizar os cremes foi utilizado a polpa de maracujá congelada (BRASFRUT®). Relativamente à goma xantana foram utilizados dois tipos: goma xantana comum e goma xantana de rápida dispersão (pré-hidratada). A goma xantana comum foi a comercializada com a designação de Goma Xantana *Clear* (SOSA®) adquirida no mercado local (adiante designado apenas por goma xantana *Clear*); e a goma xantana de rápida dispersão usada foi a comercializada com a designação Goma Xantana RD *Premium* (GastronomyLab®) adquirida no Brasil (adiante designado apenas por goma xantana RD).

Dado que se pretendeu determinar o efeito no aroma da adição de sal, na quantidade adicionada comumente em pastelaria, a algumas das formulações adicionou-se sal comum (Pingo Doce®).

3.2. Metodologia

3.2.1. Formulações dos Cremes de Pasteleiro Base

Para definir a formulação dos cremes de pasteleiro utilizados neste estudo, foram realizados ensaios preliminares a partir de uma receita clássica (Duchene, 2000).

Os ingredientes utilizados nos cremes de pasteleiro clássicos estão representados na tabela seguinte.

Tabela 6 - Ingredientes utilizados nos cremes de pasteleiro clássicos (Duchene, 2000).

Ingredientes	Quantidade
Leite	500 mL
Gemas	100 g
Açúcar	125 g
Amido de milho	50 g

O amido de milho foi posteriormente substituído por goma xantana *Clear* e goma xantana RD (fácil dispersão). Para avaliar a funcionalidade destes cremes foram realizados testes, usando quantidades idênticas às da Tabela 5 para o leite, gemas e açúcar, e com diferentes quantidades de goma xantana (5,0 g, 7,5 g e 10 g) com o objetivo de desenvolver um produto com uma textura semelhante ao creme com amido. Os cremes realizados com as quantidades de 5,0 g e 7,5 g não permitiram obter um creme com as características de textura e funcionalidade em pastelaria semelhantes ao creme de pasteleiro de referência elaborado com amido (creme de pasteleiro clássico). Assim, para a generalidade do trabalho experimental a quantidade de goma xantana *Clear* e goma xantana RD adotada foi de 10 g.

Na tabela 7 apresenta-se as concentrações dos diferentes hidrocolóides utilizados nas formulações de cremes de pasteleiro.

Tabela 7 - Porcentagens dos hidrocolóides utilizados nos cremes de pasteleiro.

Hidrocolóide adicionado	Concentrações
Amido de Milho	10 %
Goma Xantana Clear (Sosa®)	Concentrações testadas: 1,0%, 1,5% e 2,0%
Goma Xantana RD Premium (GastronomyLab®)	Concentrações testadas: 1,0%, 1,5% e 2,0%

* Concentrações calculadas relativamente ao volume total de líquido (leite ou leite + suco de maracujá)

3.2.2. Selecção do Maracujá para Aromatizar os Cremes

A escolha da polpa do maracujá como matéria-prima para aromatizar o creme de pasteleiro, deve-se ao fato de ser uma fruta com aroma intenso e atraente, utilizada com frequência na elaboração de cremes e sobremesas de pastelaria, particularmente no Brasil. Durante o processo de seleção foram determinados os valores de pH (pHmetro HI 9025 Hanna Instruments) (pH1 e pH2 realizados em dias diferentes) das 3 variedades à temperatura ambiente (21,9 °C) que se apresentam na tabela 7.

Tabela 8 - Registro do pH das polpas de maracujá.

Variedades de Maracujá	Polpa Congelada Marca <i>Brasfrut</i>	Polpa Concentrada Marca <i>Maguary</i>	Maracujá Natural (Fruta)
pH 1	2,96	2,98	2,77
pH 2	2,96	2,97	2,75

A selecção da polpa de maracujá a ser utilizada para a preparação dos cremes foi efectuada com base em ensaios preliminares que envolveram análises de *HS-SPME-GC-MS* para avaliação dos perfis de compostos voláteis das diferentes amostras.

No processo da análise comparativa realizado entre os cromatogramas obtidos para perfis do (o maracujá natural, a polpa congelada Brasfrut e o Maguary) verificou-se que a polpa congelada Brasfrut possuía um melhor perfil dos compostos voláteis, mais próximo do do maracujá fresco, o que a par do facto de ser mais económica e de mais fácil utilização que o maracujá fresco, determinou a sua escolha para aromatizar os cremes de pasteleiro neste trabalho.

3.2.3. Formulações dos Cremes de Pasteleiro Aromatizados com Maracujá

Foram desenvolvidas para este trabalho 12 formulações: sendo 4 preparações com amido, 4 preparações com goma xantana *Clear*, 4 preparações com goma xantana RD, cujas formulações são apresentadas nas Tabelas 9a e 9b. Uma dessas formulações foi ainda sujeita a um processo de congelamento/descongelamento para avaliar o efeito deste processo.

- A - Creme de pasteleiro com Amido com Sal (CAS)
- B - Creme de pasteleiro com Amido sem sal (CA)
- C - Creme de pasteleiro com goma Xantana *Clear* com Sal (CXS)
- D - Creme de pasteleiro com goma Xantana *Clear* sem sal (CX)
- E - Creme de pasteleiro com goma Xantana RD (*Premium*) com Sal (CXPS)
- F - Creme de pasteleiro com goma Xantana RD (*Premium*) sem sal (CXP)
- G - Creme de pasteleiro com Amido aromatizado com Maracujá com Sal (CAMS)
- H - Creme de pasteleiro com Amido aromatizado com Maracujá sem sal (CAM)
- I - Creme de pasteleiro com goma Xantana *Clear* aromatizado com Maracujá com Sal (CXMS)
- J - Creme de pasteleiro com goma Xantana *Clear* aromatizado com Maracujá sem sal (CXM)
- K - Creme de pasteleiro com goma Xantana RD (*Premium*) aromatizado com Maracujá com Sal (CXPMS)
- L - Creme de pasteleiro com goma Xantana RD (*Premium*) aromatizado com Maracujá sem sal (CXPMP)
- M - Creme de pasteleiro sujeito a congelamento-descongelamento com goma Xantana RD (*Premium*) aromatizado com Maracujá sem sal (CDXPM)

Tabela 9a – Formulações desenvolvidas para os Cremes de Pasteleiro Clássicos.

INGREDIENTES (g)	(CAS)	(CA)	(CXS)	(CX)	(CXPS)	(CXP)
Leite Magro	500	500	500	500	500	500
Açúcar refinado	125	125	125	125	125	125
Gemas	100	100	100	100	100	100
Amido de Milho	50	50	-	-	-	-
Sal	1	-	1	-	1	-
Goma Xantana <i>Clear</i>	-	-	10	10	-	-
Goma Xantana RD (<i>Premium</i>)	-	-	-	-	10	10

Tabela 9b - Formulações desenvolvidas para os Cremes de Pasteleiro aromatizados com maracujá.

INGREDIENTES (g)	(CAMS)	(CAM)	(CXMS)	(CXM)	(CXPMS)	(CXPM)	(CDXPM)
Leite Magro	250	250	250	250	250	250	250
Polpa de Maracujá Congelada	250	250	250	250	250	250	250
Açúcar refinado	125	125	125	125	125	125	125
Gemas	100	100	100	100	100	100	100
Amido de Milho	50	50	-	-	-	-	-
Sal	1	-	1	-	1	-	-
Goma Xantana Clear	-	-	10	10	-	-	-
Goma Xantana RD (Premium)	-	-	-	-	10	10	10

3.2.4. Preparação dos Cremes de Pasteleiro

Os cremes de pasteleiro foram elaborados de acordo com a formulação indicada acima, os ingredientes foram pesados em balança digital de precisão, e preparados num fogão doméstico a gás.

Os cremes com sal foram preparados de forma idêntica ao descrito em seguida tendo o sal sido adicionado no momento que o creme começa a espessar.

Crema de Pasteleiro Clássico com Amido, CA

Para a preparação dos cremes todos os ingredientes foram pesados e reservados. Em seguida as gemas foram misturadas com açúcar, formando um creme claro homogêneo, posteriormente foi adicionado o amido de milho e misturado até homogeneizar. O leite foi aquecido até à temperatura de 90 °C, foi então misturado ao creme claro. Este preparado foi aquecido durante 2 minutos à temperatura de 90 °C para espessar. Após o processo de cocção o creme foi resfriado até à temperatura de 4 °C no frigorífico.

O modo de preparação do creme de pasteleiro clássico está apresentado no fluxograma da Figura 20.

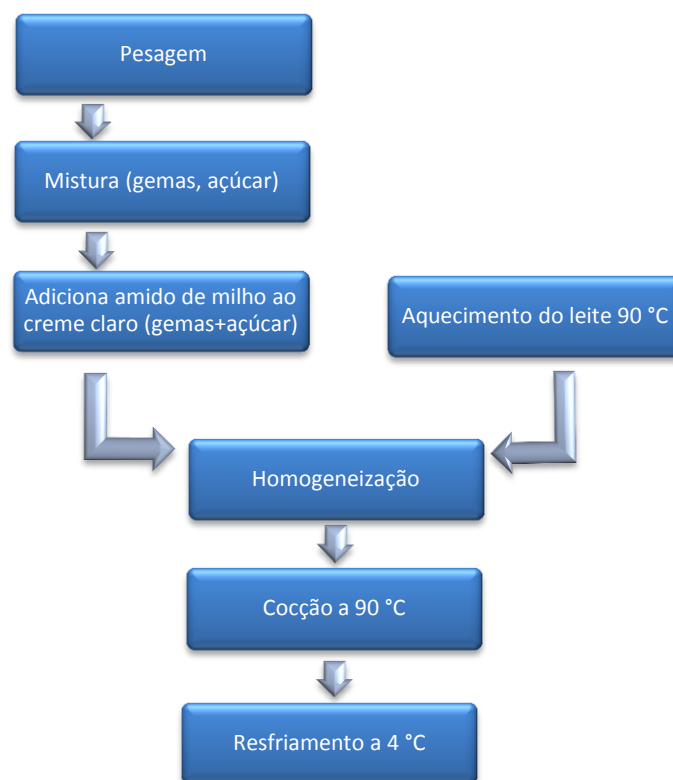


Figura 20 - Fluxograma do modo de preparo do creme de pasteleiro clássico com amido, CA.

Creme de Pasteleiro com Amido Aromatizado com Maracujá, CAM

Os processos de preparação dos cremes de pasteleiro com amido aromatizados com maracujá foram idênticos aos cremes de pasteleiro clássicos. Tendo-se usado para além dos ingredientes referidos em cada situação suco de maracujá (polpa congelada). Apesar do suco do maracujá apresentar um pH extremamente baixo, podendo interferir na qualidade da textura através do fenômeno de desnaturação das proteínas, o amido atuou como um estabilizante, permitindo homogeneidade e padronização no método de cocção dos cremes estudados.

Para a preparação dos cremes todos os ingredientes foram pesados e reservados. Em seguida as gemas foram misturadas com o açúcar formando um creme claro, posteriormente foi adicionado o amido de milho e misturado até homogeneizar. O leite foi aquecido com o suco de maracujá à temperatura de 90 °C, foi então misturado ao creme claro. Este preparado foi aquecido durante 2 minutos à temperatura de 90 °C para espessar. Após o processo de cocção o creme foi resfriado à temperatura de 4 °C no frigorífico. O modo de preparação do creme de pasteleiro com amido aromatizado com maracujá pode ser acompanhado através do fluxograma da Figura 21.

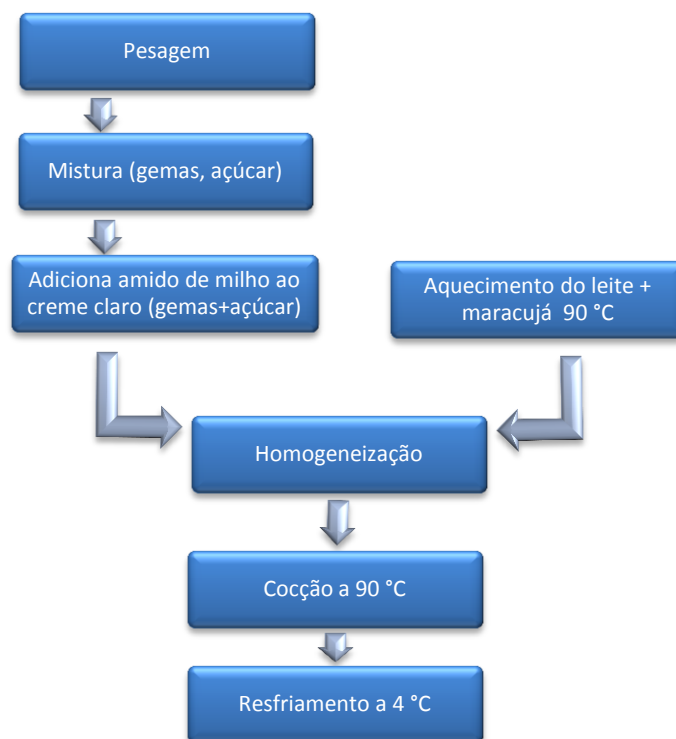


Figura 21 - Fluxograma do modo de preparação do creme de pasteleiro com amido aromatizado com maracujá, CAM.

Creme de Pasteleiro com Goma Xantana Clear e Goma Xantana RD

Para a preparação dos cremes todos os ingredientes foram pesados e reservados. A goma xantana foi dispersada em 50% da quantidade de leite com o auxílio de uma varinha mágica durante alguns segundos e previamente hidratada, durante 4 horas a temperatura ambiente. Em seguida as gemas foram misturadas com açúcar formando um creme claro. A este creme foi adicionada a goma xantana hidratada, e misturada até homogeneizar. O leite restante foi aquecido à temperatura de 90 °C, foi então misturado ao creme claro. Este preparado foi aquecido durante 2 minutos à temperatura de 90 °C, para espessar. Após o processo de cocção o creme foi resfriado à temperatura de 4 °C no frigorífico. O modo de preparação do creme de pasteleiro com goma xantana pode ser acompanhado através do fluxograma da Figura 22.

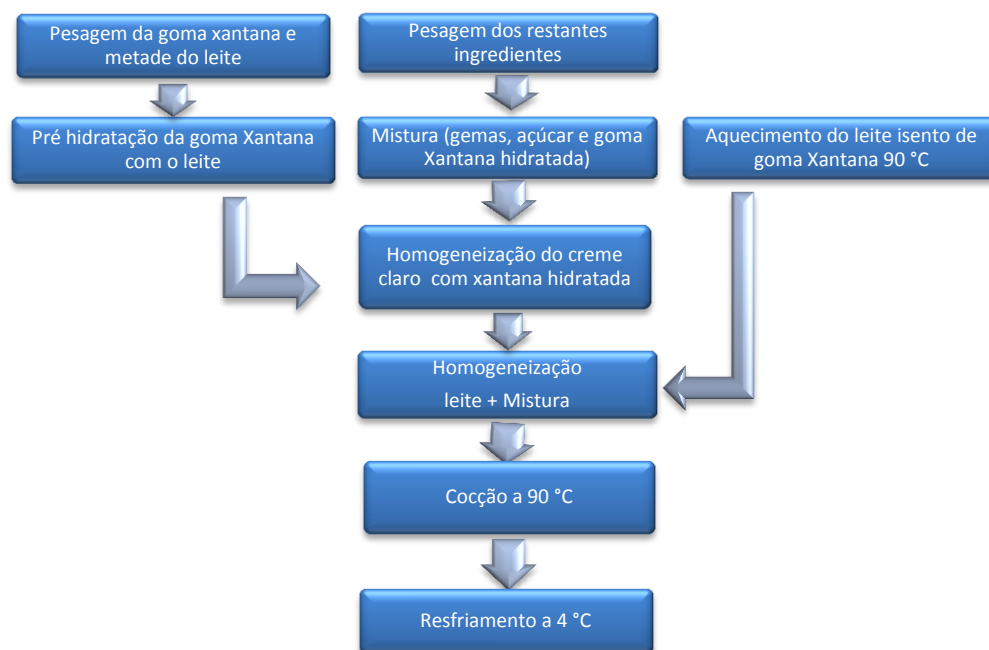


Figura 22 - Fluxograma do modo de preparação do creme de pasteleiro com a goma xantana, CX.

Cremes de Pasteleiro com Goma Xantana Clear e Goma Xantana RD Aromatizados com Maracujá, CXM e CXPM

Para os cremes com goma xantana (*Clear* ou *RD*) foi necessário alterar o método de preparo em virtude do pH do maracujá ser extremamente baixo ($\text{pH} < 3$) e a goma xantana não possuir o mesmo comportamento do amido relativamente à capacidade de estabilizar as proteínas. Este assunto será discutido com mais detalhe nos resultados (ítem 4.1.1).

Inicialmente os ingredientes foram pesados e reservados. A goma xantana (*Clear* ou *RD*) foi dispersada em suco de maracujá com o auxílio de uma varinha mágica durante alguns segundos e previamente hidratada, durante 4 horas a temperatura ambiente. Em seguida as gemas foram misturadas com o açúcar, formando um creme claro. O leite foi aquecido à temperatura de 90 °C. Essa goma xantana hidratada foi então adicionada ao leite aquecido com auxílio de uma varinha mágica, esta mistura foi então adicionada ao preparado das gemas e do açúcar, homogeneizada aquecida durante 2 minutos até espessar.

Para finalizar, a mistura foi homogeneizada com o auxílio da varinha mágica. Após o processo de cocção o creme foi resfriado à temperatura de 4 °C no frigorífico. O modo de preparação do creme de pasteleiro com goma xantana aromatizado com maracujá pode ser acompanhado através do fluxograma da Figura 23.



Figura 23 - Fluxograma do modo de preparo do creme de pasteleiro com goma xantana (Clear e RD) aromatizados com maracujá, CXM e CXPM

3.2.5. Caracterização Física

3.2.5.1. Análise da Textura

A análise instrumental da textura do creme de pasteleiro foi realizada num texturómetro TA.XT-plus (Stable Microsystems, Reino Unido) equipado com uma célula de carga de 5 kg, ligado a um computador e controlado pelo programa informático *Texture Expert* versão 1.20. Foi utilizado em modo *Measure Force in Compression*. Foram efectuados testes de penetração (15 mm de profundidade). Considerou-se um período de 5 s entre os dois ciclos e a sonda cilíndrica de 10 mm de diâmetro teve uma velocidade de entrada e saída da amostra de 2 mm/s. Os ensaios foram realizados em frascos (45 mm de altura e 40 mm de diâmetro) tendo as amostras sido analisadas à temperatura ambiente (Figura 24).

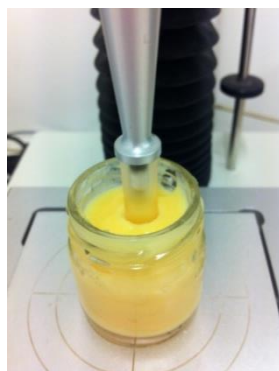


Figura 24 - Teste de penetração do creme de pasteleiro

Cada formulação do creme de pasteleiro foi preparada em duplicado e para cada creme fizeram-se pelo menos cinco determinações. Os cremes foram analisados no mesmo período dos testes reológicos.

Foram obtidos texturogramas de força versus tempo, a partir dos quais se calcularam os seguintes parâmetros: firmeza (N), coesividade (adimensional), adesividade (N.s) e elasticidade (Sousa, 2001). Figura 25.

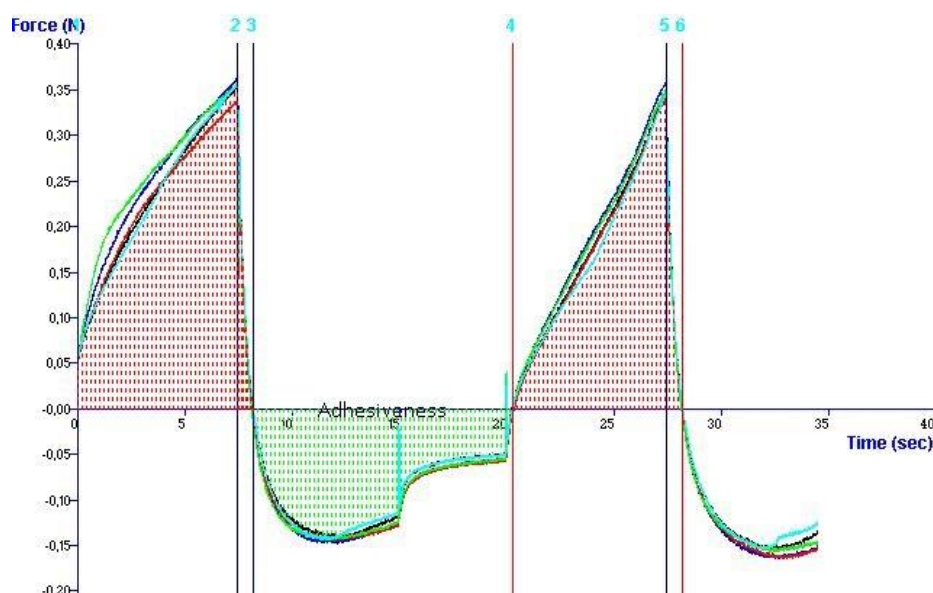


Figura 25 - Representação gráfica da análise de textura - texturograma de um creme de pasteleiro e seus parâmetros de textura.

3.2.5.2. Caracterização Reológica

O conhecimento das propriedades reológicas das emulsões é de extrema importância, já que a maioria dos atributos sensoriais e o tempo de vida dos produtos estão muitas vezes relacionados com o seu comportamento reológico (Castro *et al.*, 2003).

A caracterização reológica dos cremes de pasteleiro foi realizada aplicando tensões oscilatórias de pequena amplitude – (SAOS, *Small Amplitude Oscillatory System*), num reómetro de tensão controlada (Rheometer RS-75, Alemanha) com cone e pratos (diâmetro 35 mm) paralelos serrilhados (PP 20S), com gap de 1 mm (previamente otimizado), acoplado a um sistema UTC Peltier de controle de temperatura. As amostras foram colocadas em quantidade suficiente sobre o prato (cerca de 1,0 mL), e coberta com uma camada de parafina líquida para evitar o deslocamento da amostra e perdas de água por evaporação, Figura 26.

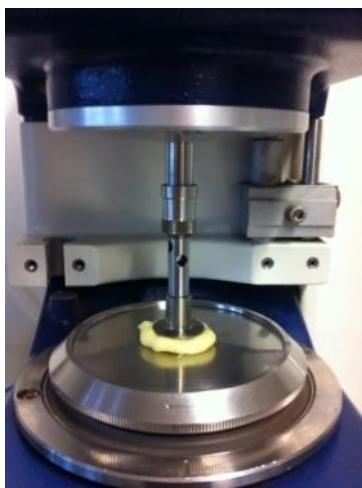


Figura 26 - Amostra do creme de pasteleiro submetida aos testes oscilatórios.

O varrimento em frequência é o modo mais comum de teste oscilatório porque mostra como o comportamento elástico e viscoso de um material varia com as taxas de aplicação de deformação e tensões.

Foram realizados testes de varrimento em frequência entre 0,001 a 10,0 Hz para as amostras de creme de pasteleiro a uma temperatura de 20 °C.

O comportamento viscoelástico foi determinado pela variação de G' (contribuição elástica do material) e G'' (contribuição viscosa) com a frequência - que corresponde ao espectro mecânico do material, e que reflecte a organização da sua estrutura interna Figura 27.

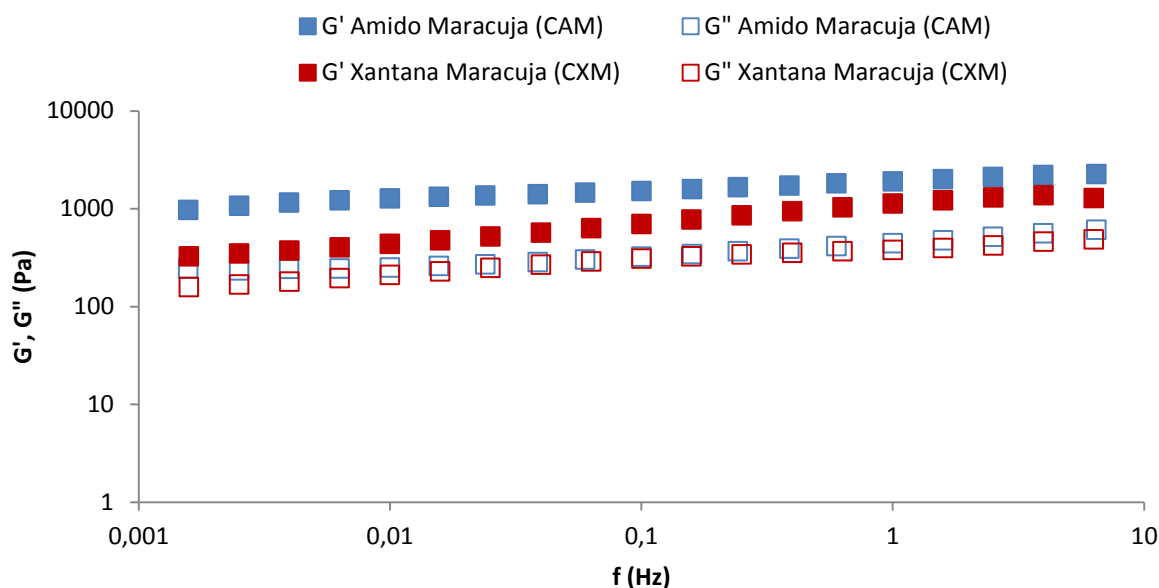


Figura 27 - Espectros mecânicos de cremes pasteleiros aromatizados com maracujá.

Para determinação da viscosidade aparente realizaram-se testes de varrimento de tensões entre 0,01 a 1000 Pa para uma frequência fixa de 1Hz, e obtendo-se a partir destes as curvas de escoamento (representação da tensão em função da taxa de deformação) e de viscosidade (representação da viscosidade em função da taxa de deformação) Figura 28. Os ensaios foram realizados em duplicado.

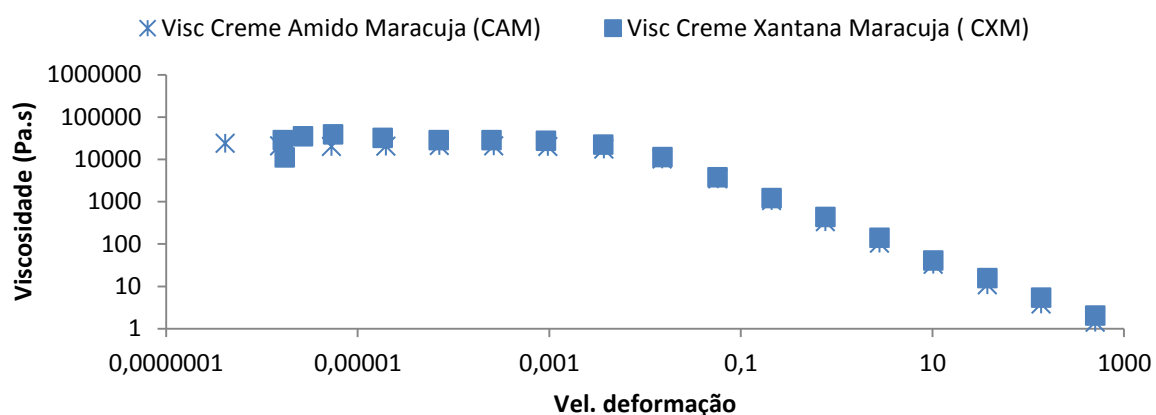


Figura 28 - Representação gráfica da viscosidade em função da taxa de deformação.

3.2.5.3. Análise da Cor dos Cremes de Pasteleiro

Os cremes utilizados para a análise da cor foram os mesmos utilizados nas análises anteriores e armazenados por um dia à temperatura ambiente. A determinação da cor dos cremes foi realizada num Colorímetro Minolta CR-300 (Minolta, Japão). A cor foi avaliada pelo sistema *Hunter Lab*, sendo L a luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco). O croma a^* , que varia do verde (-)

ao vermelho (+) e o croma b^* , que vai do azul (-) ao amarelo (+). O colorímetro foi calibrado com a placa de calibração padrão fornecida pelo fabricante do equipamento. O resultado foi lido diretamente no visor do aparelho e foram realizadas 3 leituras em cada réplica.

3.2.6. Determinação do Perfil de Liberação de Compostos Voláteis

3.2.6.1. Procedimento Experimental

Primeira Etapa: Headspace

As amostras foram analisadas pelo método *headspace* estático. O creme de pasteleiro foi pesado (3,0 g) em balança analítica e acondicionado em vial de fundo cônico de 10 mL, resistente a elevadas temperaturas, sendo hermeticamente fechadas com uma tampa de polipropileno vazada contendo um septo de PTFE/ Silicone (Supelco), Figura 29.



Figura 29 - Amostra em vial cônico com orifício e lacre de borracha.

Segunda Etapa: Sistema SPME (Microextração em Fase Sólida)

O sistema de *SPME* usado consistiu numa fibra de sílica fundida de 1-2 cm de comprimento, com a superfície exterior revestida com um filme de polidimetilsiloxano/ divinilbenzeno (PDMS/DVB) (FE - Fase Estacionária) e ligada a um êmbolo de aço, e um detentor semelhante a uma micro-seringa Figuras 30 e 31.



Figura 30 - Seringa de *SPME* com fibra de sílica fundida revestida com fase extractora PDMS/DVB (blue/plain), Foto da autora



Figura 31 - Extremidade da fibra de sílica fundida revestida com 65 µm de PDMS/DVB (blue/plain), Foto da autora

A extração foi realizada recorrendo a uma placa de aquecimento com agitador magnético, béquer (copo) contendo água destilada, junto a um suporte metálico. O frasco da amostra foi colocado no suporte e introduzido no banho de água e o banho foi aquecido. A fibra de *SPME* foi introduzida, de forma a perfurar o septo da tampa do frasco da amostra no momento em que a temperatura do banho de água atingiu os 80 °C (Figura 32). Em cada análise a fibra fica exposta durante 60 minutos.

O banho de aquecimento permite promover a convecção dos analitos a extrair para o *headspace*. O banho de aquecimento foi mantido sob agitação (agitação magnética) para homogeneização da temperatura. No caso das amostras líquidas (pouco viscosas) o aquecimento foi homogeneizado por agitação magnética (a 500 rpm).

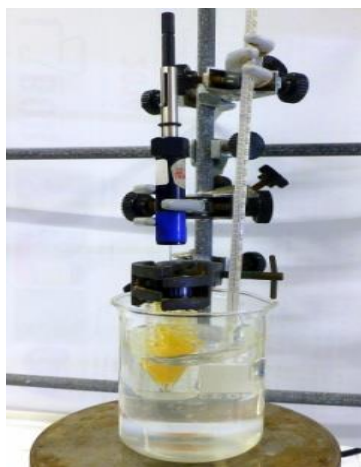


Figura 32 - Amostra em banho de água a 80 °C, com agitação.

Durante a exposição da fibra revestida ao *headspace* estático, ocorre uma partilha dos analitos entre a matriz do creme de pasteleiro e o revestimento extractor. O processo de *SPME* envolve dois passos: a extracção/concentração – com a partição dos analitos entre o revestimento da fibra e a matriz do creme de pasteleiro; a posterior dessorção térmica do extracto concentrado para dentro da coluna do *GC-MS*.

Terceira Etapa: Análise Cromatográfica (GC-MS)

Após adsorção da amostra, os analitos extraídos e concentrados pelo *SPME* foram dessorvidos termicamente no bloco de injeção do cromatógrafo gasoso (GC-MS). O sistema de *SPME* foi introduzido dentro do injetor do GC, Figura 33, onde a fibra foi exposta para dessorção dos analitos e a imediata condução destes para a coluna cromatográfica (pelo gás de arraste, He), iniciando-se desde logo a análise cromatográfica. A injeção em modo *splitless* (válvula de repartição fechada, 3 min.) foi realizada com uma temperatura do injetor de 250 °C.



Figura 33 - Processo de desadsorção da fibra de *SPME* no bloco de injeção do GC-MS, Foto da autora.

Nota: Entre cada análise a fibra de *SPME* (PDMS/DVB) foi condicionada durante 30 min. a 250 °C, no bloco de injeção do GC (de acordo com as especificações da marca, Supelco).

A separação e deteção dos analitos foi realizada por meio de um sistema de GC-MS (Agilent Technologies, EUA) com um GC 6850 (Figura 34), acoplado a um detector de massa selectivo 5975C VL MSD, com uma coluna capilar não polar de sílica (30 m x 0,32 mm ID; d_i : 0,25 μ m) com fase estacionária 5% fenil-/95% dimetilpolisiloxano (DB-5ms, Agilent - J & W Scientific), mantida a 30 °C por 1 min, e em seguida, rampa até 150 °C a 5 °C/min seguida de rampa até 315 °C a 20 °C/min. O hélio foi o gás de arraste usado a um fluxo de 1,0 mL/min.

No espectrómetro de massa, a fonte iónica, quadrupólo, e a linha de transferência foram mantidas a 230°, 150°, e 250 °C, respectivamente. Os espectros de massa foram obtidos por impacto electrónico (EI) a 70 eV e cobrados a uma taxa de 1 leitura/s num intervalo de m/z de 30-300, e usando *software* MSD ChemStation E.02.00493 (Agilent Technologies, EUA).

A identificação de compostos foi baseada na forma da fragmentação através de espectros de massa. A identificação dos componentes individuais foi realizada por meio da comparação dos seus espectros de massa com os padrões espectrais e bibliotecas de GC-MS (NIST 98 e Wiley 275) ou na literatura (Jennings *et al.*, 1980; Adams, 1995), permitindo a deteção de alguns componentes

minoritários e identificação de compostos que possam surgir a partir de picos cromatográficos incompletamente resolvidos. As identificações foram obtidas por comparação espectral com os padrões espectrais e bibliotecas, com ajustes superiores a 85%, e sempre que possível por comparação com padrões. Os componentes voláteis foram positivamente identificados pela verificação da semelhança do espectro de massa e os seus valores do tempo de retenção (t_r) e do índice de retenção de Kovats (KI) (Adams, 1995).

Para cada composto, a quantificação foi realizada medindo a área do pico correspondente no cromatograma iônico total e expressa como área relativa (por cento) por normalização (3 replicadas).



Figura 34 - Cromatógrafo Gasoso, GC-MS System (6850), Foto da autora.

Todos os perfis em compostos voláteis existentes nas amostras analisadas foram obtidos por *HS-SPME* utilizando a fibra de *PDMS / DVB* e analisados por *GC-MS*.

Um estudo preliminar permitiu concluir que a fibra de *SPME* (*PDMS/DVB*) utilizada neste trabalho, foi a melhor opção entre as várias disponíveis (Tabela. 5). Este resultado é suportado por vários estudos com voláteis do maracujá (Sousa *et al.*, 2012). Pontes *et al.*, (2009) menciona que os perfis cromatográficos obtidos após a extração com *PDMS*, *PA*, *CAR / PDMS*, *StableFlex* e revestimentos de *PDMS/DVB* sugerem que o último foi o mais adequado para a análise *SPME* de compostos orgânicos voláteis de maracujá.

A análise de *GC-MS* permite a interpretação e comparação, dos perfis dos padrões voláteis das amostras (Figura 35). Para esse efeito usam-se os tempos de retenção cromatográficos (t_r) e os dados espectrais do *MS* (espectros de massa).

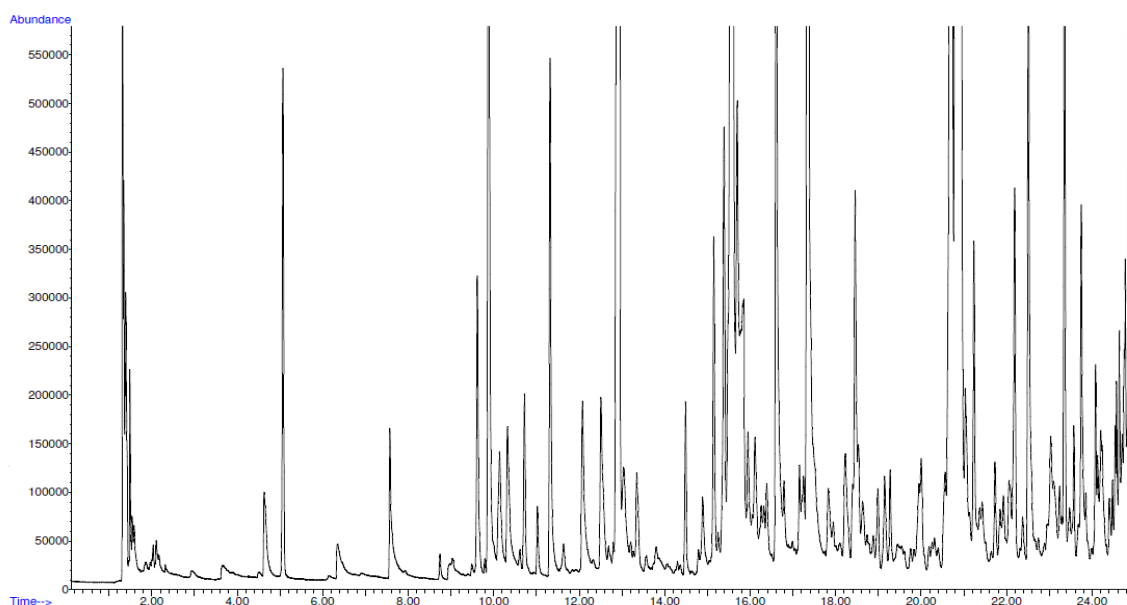


Figura 35 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por *HS-SPME-GC-MS* da polpa de maracujá *Brasfrut*.

Neste experimento, a técnica foi aplicada para análise e identificação dos componentes voláteis das várias polpas de maracujá ensaiadas conforme (Anexo III)

O resultado destes ensaios preliminares permitiu optar pela polpa de maracujá *Brasfrut* como aromatizante a utilizar em todas as preparações dos cremes de pasteleiro.

Esta técnica serviu ainda para a comparação dos perfis de libertação de compostos voláteis entre os cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá, preparados com amido e com goma xantana.

3.3. Análise Sensorial

Para se fazer uma análise sensorial de um produto, existem vários métodos com objetivos específicos, que são selecionados conforme o objetivo da análise. Neste trabalho o método escolhido foi um teste afetivo (avaliação de aceitabilidade) para determinar a opinião dos provadores em relação a amostras de cremes de pasteleiro seleccionadas com vista a avaliar os resultados da substituição do amido por goma xantana RD, o efeito do sal e o efeito da aplicação de um ciclo de congelamento / descongelamento ao creme preparado com goma xantana.

Para os testes de análise sensorial foram assim seleccionadas quatro amostras de cremes: creme de pasteleiro com amido aromatizado com maracujá (sem sal), creme de pasteleiro com goma

xantana RD aromatizado com maracujá (sem sal), creme de pasteleiro com goma xantana RD aromatizado com maracujá (sem sal) submetido a um processo de congelamento/descongelamento, e creme de pasteleiro com goma xantana aromatizado com maracujá (com sal). A técnica escolhida para os testes de análise sensorial dos cremes referidos foram os testes afectivos, pois estes são ferramentas importantes, que avaliam directamente a opinião do consumidor, ou do consumidor em potencial de um ou mais produtos, sobre as características específicas do produto ou ideias sobre o mesmo. Por isso são também chamados de testes de consumidor (Ferreira *et al.*, 2000).

Os cremes foram avaliados por um painel de 55 provadores não treinados que preencheram uma ficha de avaliação baseada na apreciação global dos cremes (Anexo IV). A ficha de avaliação foi realizada de acordo com a escala hedônica estruturada de nove pontos (1 - *desgostei muitíssimo* a 9 - *gostei muitíssimo*) (Ferreira, 2000). A prova sensorial foi realizada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa por funcionários e alunos, numa sala com luz natural, livre de ruídos e odores, onde foram criados postos de prova individuais.

As quatro amostras foram codificadas com três dígitos aleatórios.

Os cremes foram pesados e colocados individualmente em copos descartáveis, identificados com os respectivos dígitos. As amostras foram dispostas simultaneamente em cada mesa. Foi ainda fornecido um copo com água para ser bebido entre as provas.

3.4. Análise Estatística

A análise estatística foi realizada para analisar todos os parâmetros estudados com o objectivo de identificar diferenças significativas entre os valores de cada parâmetro obtido para os diferentes cremes de pasteleiro estudados. Os dados referentes a cor, firmeza, adesividade, coesividade, frequência e viscosidade foram submetidos à análise de variância (ANOVA) *one-way*, sendo realizado testes de comparação múltipla de Tukey. Os resultados da análise sensorial foram analisados segundo o teste não paramétrico de Friedman. Considerou-se em todos os casos um nível de significância de 5%. Ambas as análises foram efectuadas através do software *Microsoft Office Excel*, versão 2007.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação de Textura

A avaliação das propriedades de textura dos cremes de pasteleiro, como referido na secção 2.2.3., foi de grande importância nos diferentes estágios de processamento dos cremes. Em particular, avaliou-se o impacto da adição da goma xantana, e compararam-se as características dos cremes com amido e com goma xantana *Clear* e RD.

Durante a preparação dos cremes, como já foi referido, surgiu um problema com a preparação dos cremes aromatizados com goma xantana, devido ao valor de pH e a não se verificar neste caso um processo de estabilização idêntico ao desempenhado pelo amido, apresentando estes cremes resultados não satisfatórios do ponto de vista reológico e de funcionalidade. Assim, foi necessário desenvolver uma metodologia diferente de preparação dos cremes de pasteleiro com goma xantana aromatizados com maracujá. Este assunto será em seguida discutido mais detalhadamente.

4.1.1. Influência do Calor e do pH

Cremes de Pasteleiro com Amido Aromatizados com Maracujá, CAM

Os cremes de pasteleiro possuem na sua composição as proteínas (leite e ovos), carboidratos (açúcar e amido de milho) e nos casos aromatizados com maracujá este introduz uma componente ácida que pode ser muito importante. Na sequência dos processos físico-químicos que ocorrem em resultado da interação dos ingredientes, podem ocorrer mudanças na estrutura, afetando as características organolépticas e sensoriais do produto final.

Na prática, o creme de pasteleiro com amido sofre influência do calor de forma positiva (Figura 36). Ocorre a desnaturação das proteínas. Na cozinha, a causa mais comum deste processo é o aquecimento. Todas as moléculas vibram ao mesmo tempo. A amplitude dessas vibrações aumenta

com o aumento da temperatura. Se as vibrações forem suficientemente fortes, a molécula pode se agitar, rompendo as ligações que estabilizam a sua estrutura. Em consequência, tornam-se mais disponíveis para reações químicas de importância incontestável na definição das características sensoriais dos produtos (Araújo *et al.*, 2008). Em meios com maior grau de acidez este fenómeno pode ser mais significativo.



Figura 36 - Creme de pasteleiro com amido de milho aromatizado com maracujá, Foto da autora.

Quando o amido de milho é adicionado ao creme de pasteleiro, este possui ação espessante, em consequência da gelatinização do amido, e funciona também como estabilizante da estrutura. Ou seja, à medida que o amido gelatiniza, ele expande-se e mistura-se com as proteínas dos cremes, formando uma espécie de barreira física, dificultando que as ligações ocorram entre elas, desta forma os cremes não “talham” tão facilmente, o que seria uma consequência da coagulação das proteínas (Figura 37). De acordo com Guerreiro e Mata (2010), o amido expande e gelatiniza e vai-se meter de permeio nas proteínas, constituindo assim uma barreira física que dificulta as ligações entre elas. Desta forma leite-creme não talham tão facilmente.

Este efeito faz com que possíveis problemas relacionados com o grau de acidez do sumo de maracujá sejam ultrapassados pela adição do amido.



Figura 37 - Ação da gelatinização do amido em cremes de pasteleiro, Foto da autora.

Cremes de Pasteleiro com Goma Xantana Aromatizados com Maracujá, CXM e CXPM

Verificou-se que os cremes de pasteleiro com goma xantana aromatizados com maracujá, não podem ser confeccionados com o mesmo método utilizado nos cremes com o amido de milho aromatizados.

Os resultados obtidos na prática, demonstraram que os cremes com a goma xantana na presença do suco de maracujá tornam-se sensíveis e susceptíveis ao efeito indesejável, neste caso, da coagulação excessiva das proteínas (Figura 38). Tal poderá justificar-se, pelo facto da goma xantana não desempenhar da mesma forma o papel de espaçador das proteínas.

Os cremes obtidos não apresentavam as características desejáveis para serem usados em pastelaria em substituição do creme preparado com amido. Com isso, fez-se necessário proceder à alteração do método utilizado para obter um creme que tivesse a homogeneidade semelhante ao creme elaborado com amido de milho.



Figura 38 - Processo de desnaturação das proteínas em creme de pasteleiro com goma xantana aromatizado com maracujá. Foto da autora.

A alteração do método foi realizada inicialmente com a hidratação da goma xantana na polpa do maracujá, em vez de o fazer com o leite. De acordo com alguns estudos, a goma xantana é altamente estável em ampla faixa de pH, sendo afetada apenas com valores de $\text{pH} > 11$ e $< 2,5$. Essa estabilidade depende da concentração: quanto maior a concentração, maior a estabilidade da solução (Pettit, 1982).

Apesar da polpa de maracujá possuir um pH extremamente baixo, foi possível hidratar a goma xantana rapidamente. Essa goma xantana hidratada foi então adicionada ao leite aquecido com auxílio de uma varinha mágica, esta mistura foi então adicionada ao preparado das gemas e do açúcar e aquecido. A preparação foi finalmente terminada com uma rápida homogeneização com uma varinha mágica. Utilizando este método, obteve-se um creme de pasteleiro homogêneo e com

características organolépticas e texturais muito semelhantes ao creme elaborado com amido de milho (Figura 39).



Figura 39 - Creme de pasteleiro com goma xantana RD (*Premium*) aromatizado com maracujá. Foto da autora.

O método descrito foi utilizado para os cremes de pasteleiro com goma xantana *Clear* e com goma xantana RD (*Premium*), aromatizados com maracujá.

Tendo ultrapassado este problema, os cremes foram preparados e analisados apresentando-se em seguida resultados obtidos através da análise de textura e viscosidade.

4.1.2. Análise do Perfil de Textura (TPA)

Através da Análise do Perfil de Textura (TPA) avalia-se a textura de um alimento através do teste das duas dentadas.

Inicialmente os testes foram realizados com amostras de creme de pasteleiro base, preparados com amido e goma xantana. A Figura 40 apresenta os resultados da firmeza dos cremes de pasteleiro base.

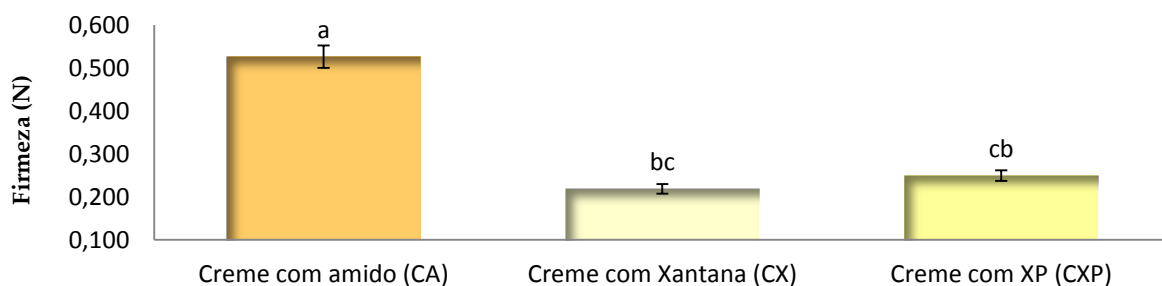


Figura 40 - Variação da firmeza dos cremes de pasteleiro base com diferentes hidrocolóides.

* As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA.

Verificou-se que o creme com amido (CA) tem uma firmeza significativamente superior ($p \leq 0,05$) à dos cremes com goma xantana (CX e CXP). Contudo, não se verificou diferença significativa na firmeza dos cremes CX e CXP.

O fato de se ter observado que as alterações mais significativas da firmeza dos cremes de pasteleiro com amido se registam após a preparação sugere que tal se deve ao fenômeno de retrogradação. Este resultado pode ser explicado em função do tempo que o creme levou para ser analisado, após 12 horas em repouso a temperatura ambiente, portanto tendo-se já iniciado o processo de retrogradação do amido.

Durante a gelatinização do amido ocorre uma ruptura das estruturas cristalinas do grânulo de amido, o qual absorve água e entumece irreversivelmente, adquirindo tamanho maior que o original, rompendo e ocorrendo a formação de um gel. Após o processo de gelatinização, quando a temperatura é reduzida até à temperatura ambiente, ocorre um rearranjo das moléculas de amilose por ligações de hidrogênio, fator que favorece a recristalização, processo denominado retrogradação (Parker e Ring, 2001).

Também no caso dos cremes aromatizados com maracujá se verificou que os cremes preparados com amido têm uma firmeza significativamente superior ($p \leq 0,05$) à dos cremes preparados com goma xantana. Contudo, não se verificou uma diferença significativa na firmeza dos cremes de pasteleiro preparados com goma xantana e aromatizados com maracujá, exceto no creme descongelado, cuja firmeza é significativamente superior ao creme original, embora inferior ao do amido. Na Figura 41, apresentam-se os resultados dos cremes aromatizados com maracujá.

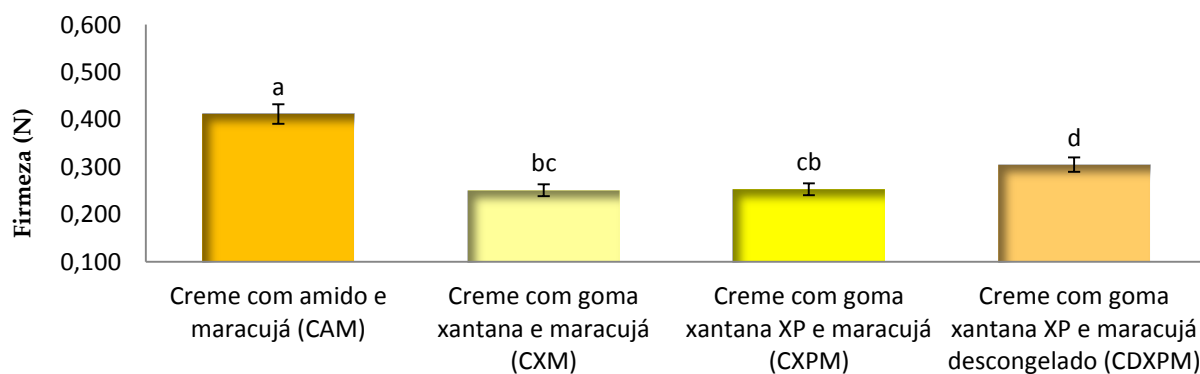


Figura 41 - Variação da firmeza dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá com diferentes hidrocolóides.

* As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA.

Da Figura 42 verifica-se que a adesividade do creme com amido (CA) é significativamente menor do que com xantana *Clear* (CX) mas o valor para o creme com xantana RD (CXP) não é significativamente diferente daqueles. Segundo Bourne (2002) adesividade é a área de força negativa da primeira penetração e representa o trabalho necessário para retirar a sonda da amostra, ou seja, mede o trabalho necessário para superar as forças atrativas entre o creme de pasteleiro e a superfície da sonda usado na análise. Esse parâmetro de textura é muito importante para produtos alimentícios, pois permite prever o grau de adesão do alimento nos dentes.

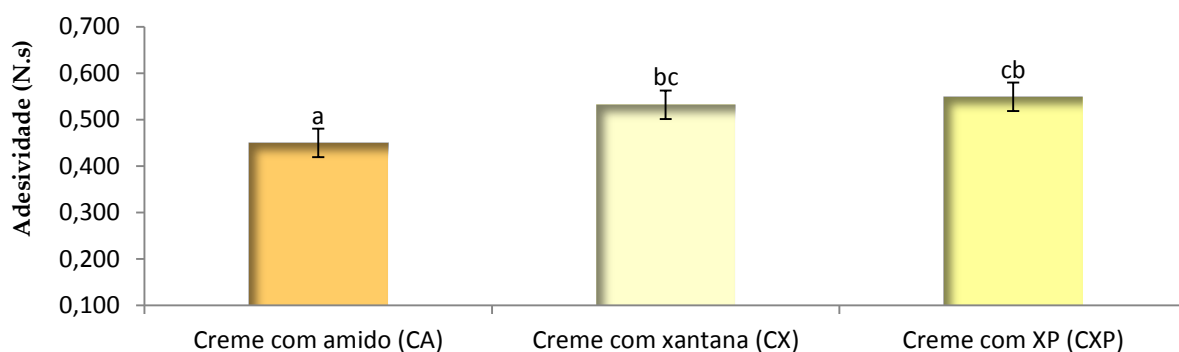


Figura 42 - Variação da adesividade dos cremes de pasteleiro base com diferentes hidrocolóides.

* As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA.

Os cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá com diferentes hidrocolóides não apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$) na adesividade, excepto no caso CXM. A adição da goma xantana RD (*Premium*) nos cremes confere-lhes uma adesividade muito semelhantes à do creme com amido. Possivelmente a adição da goma xantana RD (*Premium*) favorece a absorção e retenção de água, resultando num aumento da adesividade dos cremes de pasteleiro. Em produtos congelados, a goma xantana age como crioprotector, concedendo excelente estabilidade e melhorando a retenção de água durante os ciclos congelamento/descongelamento reduzindo a formação de cristais de gelo, evitando a comum sinérese (Katzbauer, 1998).

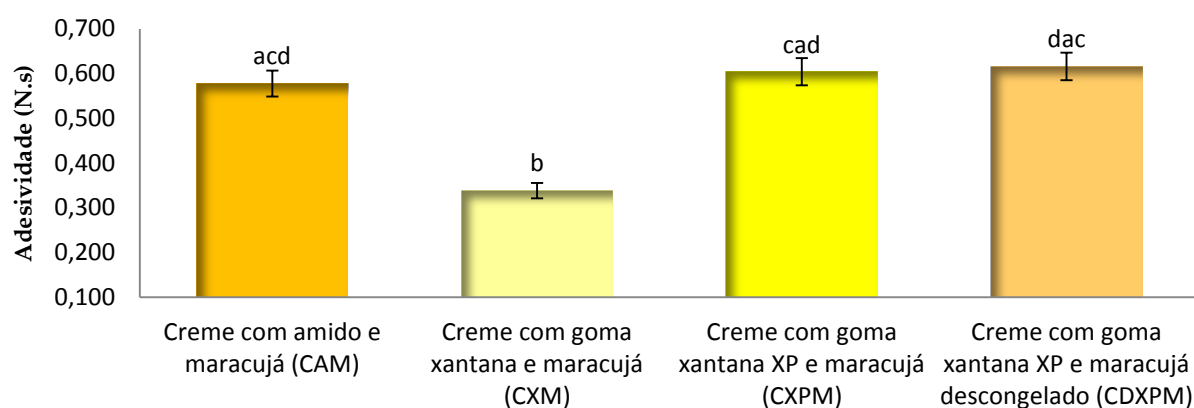


Figura 43 - Variação da adesividade dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá e com diferentes hidrocolóides.

* As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA.

A Figura 44 resume os resultados da coesividade dos cremes de pasteleiro base com diferentes hidrocolóides. Verifica-se que não há diferenças significativas entre eles.

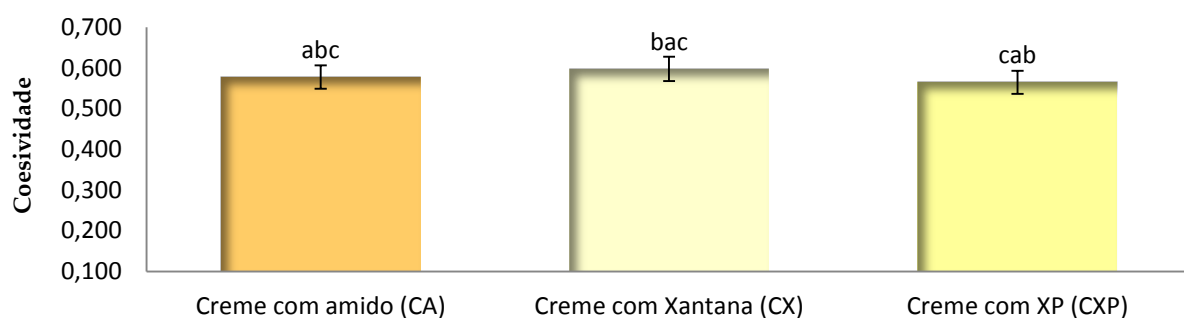


Figura 44 - Variação da coesividade dos cremes de pasteleiro base com diferentes hidrocolóides.

* As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA.

Segundo Bourne (2002) a relação das áreas positivas da primeira e segunda penetração é definida como coesividade. Este parâmetro representa a energia necessária para o alimento se desagregar.

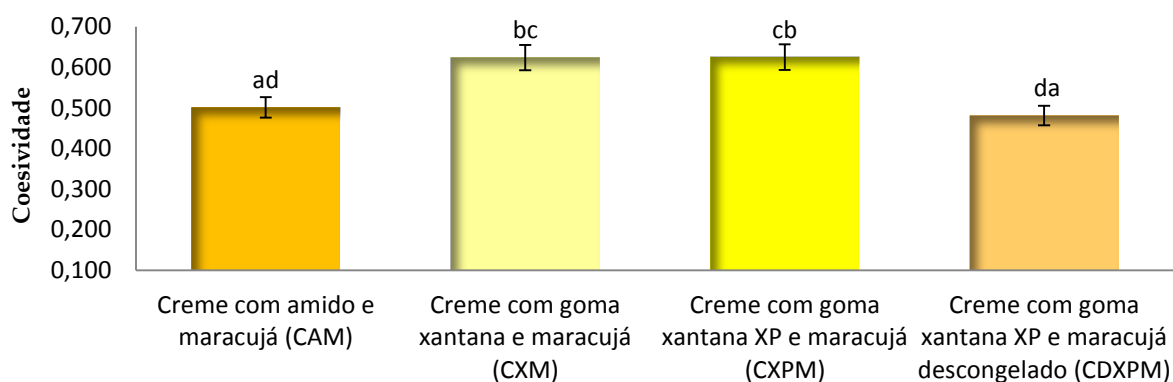


Figura 45 - Variação da coesividade dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá e com diferentes hidrocolóides.

* As diferentes letras minúsculas localizadas acima de cada barra representam a diferença significativa entre as formulações $p \leq 0,05$, de acordo com a ANOVA.

No caso dos cremes aromatizados, verifica-se um aumento significativo ($p \leq 0,05$) da coesividade dos cremes com goma xantana *Clear* e goma xantana RD (CXM e CXPM) em comparação ao creme com amido (CAM). Este facto é justificado pelo processo de retrogradação e sinérese que ocorre com o amido, resultando em cremes friáveis (quebradiços), contrariamente ao comportamento dos cremes com goma xantana que apresentam maior homogeneidade e coesividade, sendo também mais estáveis. A coesividade dos cremes com a goma xantana RD (*Premium*) sujeitos ao processo de congelamento/descongelamento (CDXPM) baixa um pouco, aproximando-se do valor do creme CAM.

4.1.3. Comportamento Reológico dos Cremes de Pasteleiro

Os resultados obtidos através do comportamento reológico dos cremes de pasteleiro com diferentes hidrocolóides está estreitamente relacionado com a funcionalidade prática em pastelaria. Apesar dos resultados do comportamento reológico dos cremes base e cremes aromatizados com maracujá não terem diferenças significativas ($p \leq 0,05$), convém mencionar características importantes dos espectros mecânicos.

Os testes varrimento em frequência foram precedidos de varrimentos de tensão, permitindo garantir a utilização das tensões oscilatórias presentes no intervalo de viscoelasticidade linear dos cremes de pasteleiro.

Através dos resultados dos espectros mecânicos representados nas Figuras 46 e 47, pode observar-se a variação de G' (modulo elástico) e G'' (modulo viscoso) em função da variação da frequência.

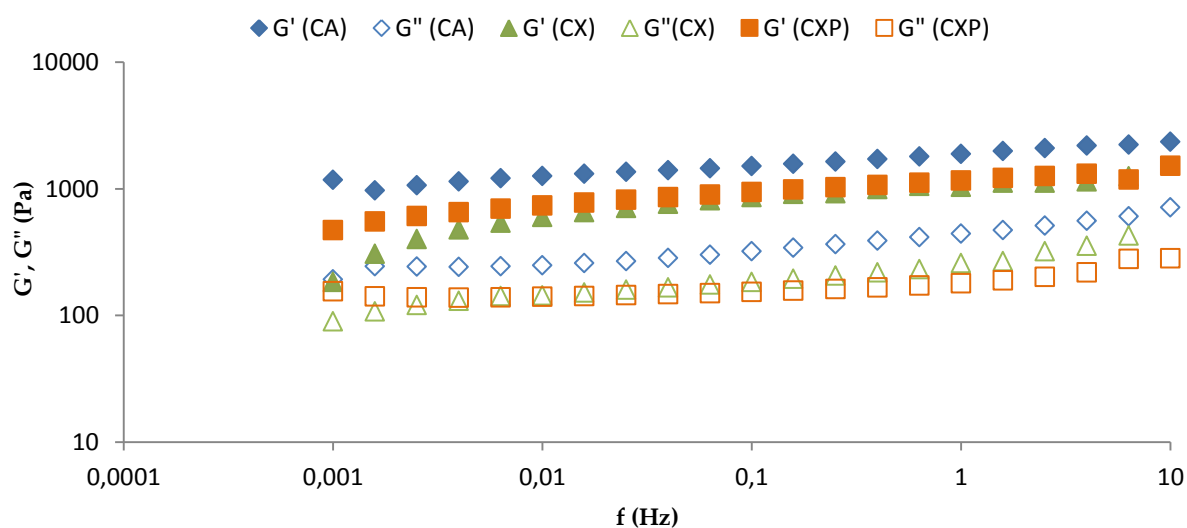


Figura 46 - Espectros mecânicos dos cremes de pasteleiro base com diferentes hidrocolóides.

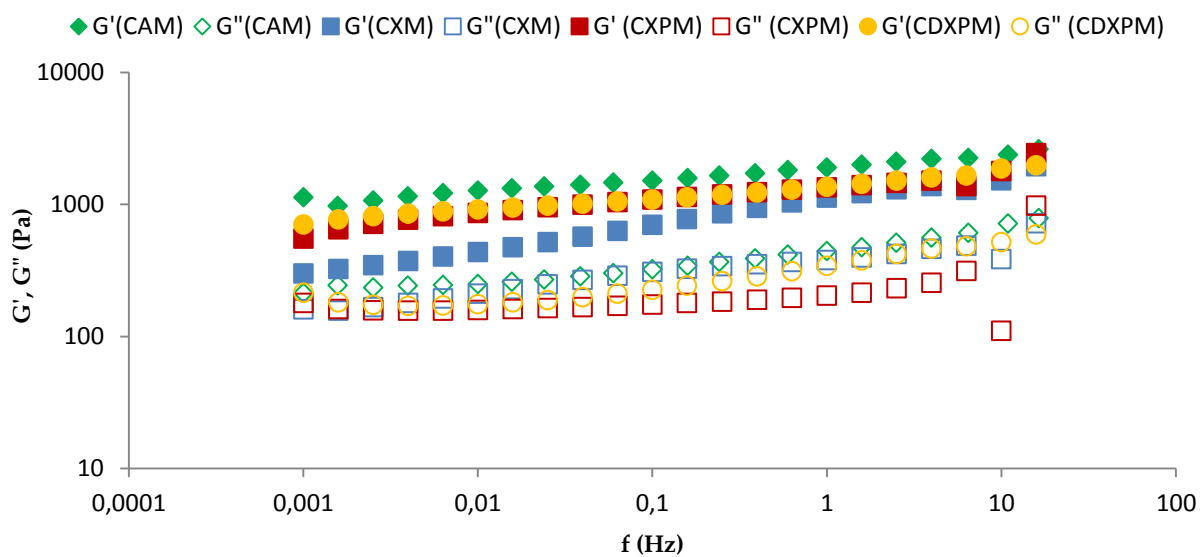


Figura 47 - Espectros mecânicos dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá e com diferentes hidrocolóides.

Os testes de frequência realizados com cremes de pasteleiro contendo diferentes hidrocolóides, mostram que a componente elástica (G') é sempre superior à componente viscosa (G''). Neste caso, o G' e G'' não são paralelos como acontece num gel forte, este facto associado ao da diferença de magnitude entre os valores de G' e G'' não chegar a uma década indica que os cremes têm uma estrutura do tipo “gel fraco”.

A substituição do amido de milho por goma xantana *Clear* no creme de pasteleiro implica uma diminuição do grau de estruturação dos cremes (CX e CXM), originando cremes menos estáveis do ponto de vista funcional, já que apresentam valores mais baixos de G' e diferenças menores entre as funções viscoelásticas (G' e G''), verifica-se ainda uma tendência aparente ao encontro destas funções a baixas frequências (zona pseudoterminal).

As formulações de cremes de pasteleiro base com amido e goma xantana RD – CA e CXP e aromatizados com maracujá – CAM e CXPM apresentam um maior grau de estruturação, ou seja, o espaço entre o G' e o G'' é mais elevado em comparação com as formulações obtidas com a goma xantana *Clear* - CX e CXM. As formulações com a goma xantana RD (*Premium*) possuem características muito semelhantes às formulações elaboradas com o amido de milho, dando origem a cremes com um maior grau de estruturação, favorecendo a estabilidade destes produtos em preparações de pastelaria.

4.1.3.1. Avaliação de viscosidade

Os resultados da viscosidade dos cremes de pasteleiro base e aromatizados com maracujá com diferentes hidrocolóides, não apresentam diferenças significativas. Verifica-se que todos os cremes analisados (Figuras 48 e 49), apresentam um comportamento reofluidificante, ou seja, para as baixas velocidades de deformação observa-se a zona Newtoniana (η_0), enquanto que para velocidades de deformação elevadas, a viscosidade aparente diminui à medida que a velocidade de deformação aumenta. Relativamente à estrutura interna dos cremes, verifica-se consonância com os resultados obtidos na avaliação da textura dos mesmos cremes.

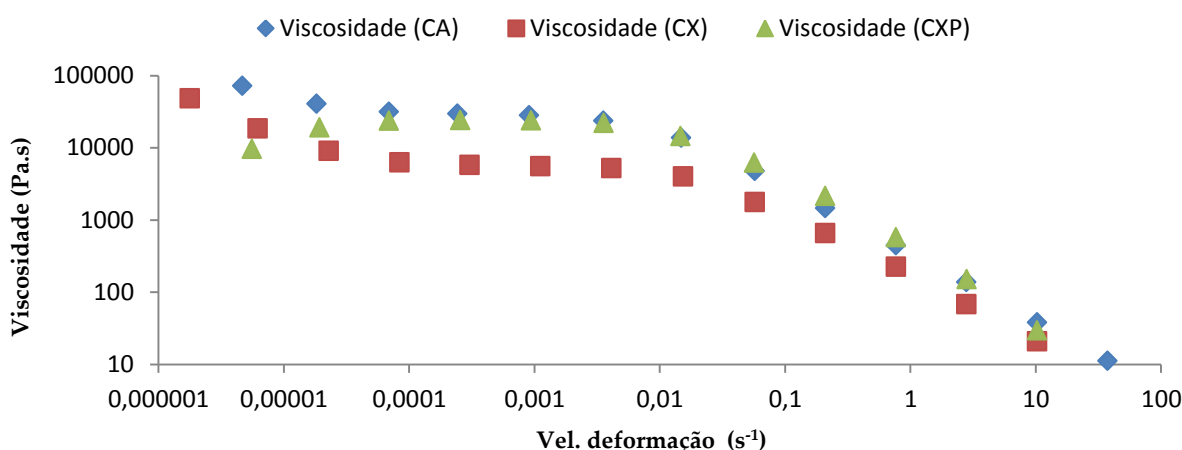


Figura 48 - Curvas de viscosidade dos cremes de pasteleiro base com diferentes hidrocolóides.

Em termos de escoamento verifica-se que os cremes são semelhantes apresentando um tipo de escoamento reofluidificante em que há uma diminuição da viscosidade com o aumento da velocidade de deformação. O comportamento da viscosidade possui grande importância em termos

do processo de aplicação dos cremes, pois a viscosidade diminui com o aumento da velocidade de aplicação. Verifica-se ainda que o creme (gel) de amido base é mais estruturado do que o creme com goma xantana *Clear* e muito semelhante ao creme com a goma xantana RD (*Premium*).

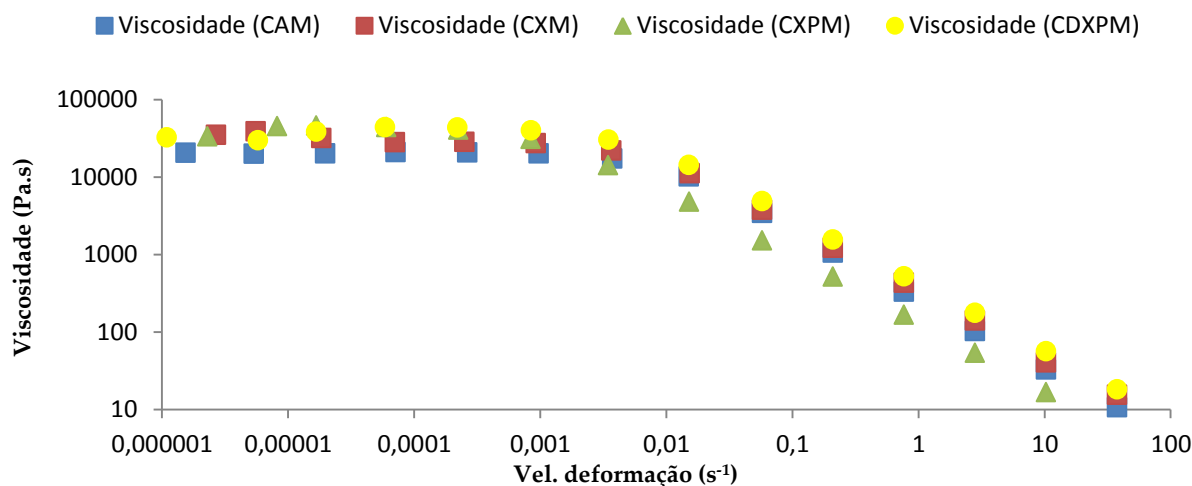


Figura 49 - Curvas de viscosidade dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá e com diferentes hidrocolóides.

Pela análise das curvas de viscosidade dos cremes aromatizados, verifica-se que elas são praticamente sobreponíveis o que significa que a estrutura interna há de ser muito idêntica.

Além da presença dos polissacarídeos nos cremes de pasteleiro convém mencionarmos a importância do papel das proteínas (gema do ovo), neste caso, na presença de temperaturas elevadas ocorre o fenômeno de desnaturação, resultando cremes mais estruturados e consequentemente com maior resistência ao escoamento.

Os resultados obtidos estão bem correlacionados com os resultados observados durante a avaliação da textura (Figuras 40 e 41). Outros autores (Nunes, 2005; Tomé, 2012) também verificaram que o aumento da concentração de proteínas e de polissacarídeos contribui para a estruturação dos géis e consequentemente para valores mais elevados da viscosidade limite.

Com relação aos cremes de pasteleiro com goma xantana RD (*Premium*) aromatizados sujeitos a um processo de congelamento/descongelamento, não se verificaram diferenças significativas de viscosidade, apesar de terem uma estrutura interna mais firme e estruturada semelhante à estrutura dos cremes de pasteleiro com amido.

Com base nos resultados obtidos considera-se que a substituição do amido por goma xantana, e em particular por goma xantana RD, permite obter cremes com funcionalidade idênticas às dos cremes com amido e com propriedades mais interessantes e vantajosas. Procedeu-se em seguida à

determinação dos parâmetros da cor e análise do perfil de libertação de compostos voláteis.

4.2. Determinação dos Parâmetros da Cor

A cor dos cremes de pasteleiro é considerada um parâmetro importante para a qualidade e aceitação do produto. Dos resultados obtidos no presente trabalho, na Tabela 10, verificou-se que os valores de luminosidade (L^*) são significativamente ($p \leq 0,05$) mais elevados (amostras mais claras) nos cremes base com goma xantana RD, CXP (75,23) e CXPS (73,61), seguem-se os cremes base sem sal com amido e goma xantana *Clear* e o creme aromatizado com goma xantana RD (CA, CX e CXPM); seguem-se os cremes anteriores mas com sal (CAS, CXS e CXPMS) e ainda o creme com xantana *Clear* aromatizado e com sal (CXMS); finalmente surge o creme com xantana *Clear* e maracujá (CXM) e por último, com os valores mais baixos e portanto tonalidades mais escuras, os cremes com amido aromatizados (CAM e CAMS).

Tabela 10 - Valores obtidos para o parâmetro L^* e as coordenadas cromáticas a^* e b^* da análise das amostras dos cremes de pasteleiro base e aromatizados com maracujá com diferentes hidrocolóides.

Formulação	L^*	$a (-)^*$	$b (+)^*$
CA	71,34 ^{ae} _h	0,06 ^{defghi}	26,95 ^{efghi}
CAS	69,90 ^{efgj}	0,06 ^{defghi}	26,40 ^{efghi}
CX	71,44 ^{eh}	-0,21 ^{defgh}	26,56 ^{efghi}
CXS	70,05 ^{befgij}	0,04 ^{defghi}	26,55 ^{efghi}
CXP	75,23 ^l	-0,20 ^{defgh}	26,96 ^{efghi}
CXPS	73,61 ^m	0,10 ^{defr}	28,27 ^j
CAM	65,39 ^{dr}	3,01 ^{ej}	41,11 ^{dm}
CAMS	65,38 ^{dr}	2,96 ^{ej}	43,12 ^{abcl}
CXM	68,94 ⁿ	1,42 ^{abm}	37,54 ⁿ
CXMS	69,88 ^{efgj}	1,82 ^{abl}	42,00 ^{cdm}
CXPM	71,06 ^{abeh}	2,39 ⁿ	43,15 ^{abl}
CXPMS	70,37 ^{befgj}	1,63 ^{ablm}	42,43 ^{clm}
CDXPM	70,55 ^{abcg}	1,60 ^{ablm}	43,88 ^{abl}

Embora a variação deste parâmetro tenha sido pequena entre as amostras, os cremes com valores mais elevados, apresentam luminosidade mais próxima do branco, ou seja, são mais claros. Como seria de prever, dada a cor da polpa de maracujá, os cremes aromatizados apresentam valores de luminosidade menores que os correspondentes cremes não aromatizados. De acordo com a análise estatística, verifica-se uma variação de luminosidade dos cremes base e aromatizados com maracujá em função do hidrocolóide usado, sendo a goma xantana RD o hidrocolóide que mais efeito tem no aumento da luminosidade, a que se segue a goma xantana *Clear*, embora nalguns casos destes não haja diferença significativa para os cremes com amido, e sendo os cremes com amido os menos claros. A adição de sal origina em geral (excepto no caso dos cremes CXM e CXMS) uma menor luminosidade dos cremes.

Segundo Prati *et al.* (2005), valores positivos de a^* mais elevados indicam tendência a cor vermelha e os negativos de cor verde, enquanto que os valores positivos de b^* expressam maior intensidade de amarelo e os negativos maior intensidade de azul.

Em relação à avaliação de a^* verifica-se que há predominância de valores positivos e que este parâmetro discrimina as amostras de cremes base e aromatizados com maracujá, sendo mais elevados (mais intensidade de cor vermelha) para os cremes aromatizados. No entanto a influência do sal e dos hidrocolóides não é tão evidente. De facto, não houve diferenças significativas nos cremes com amido aromatizados com e sem sal, CAM (3,01) e CAMS (2,96). O mesmo ocorre com os cremes com amido base CA (0,06) e CAS (0,06). Ou seja, o sal não tem influência na intensidade neste parâmetro nos cremes com amido. A situação é idêntica para os cremes CX (-0,021) e XCS (0,04). Para os cremes CXP (-0,20) e CXPS (0,10) existe uma pequena diferença, os cremes sem sal tendem a intensidades próximas do verde, enquanto os cremes com sal expressam a tonalidade mais avermelhada.

Comparando os cremes base com amido e com goma xantana *Clear* e RD, não se observam diferenças significativas. Já nos cremes aromatizados os cremes com amido têm valores significativamente diferentes tendo uma cor mais avermelhada. Nos cremes com goma xantana não se observam diferenças significativas entre eles, excepto para o caso do CXPM (2,39).

De acordo com os resultados obtidos para o parâmetro b^* , verifica-se que existem diferenças significativas entre os cremes base e os cremes aromatizados com maracujá. Estes têm valores significativamente superiores aos dos cremes base (que não apresentam diferenças significativas entre si), o que corresponde a uma componente amarela mais acentuada. Também para este parâmetro não é evidente a influência do sal ou do hidrocolóide usado.

O processo de congelamento/descongelamento influencia pouco os parâmetros por comparação com o creme não congelado. A única diferença significativa é no valor de a^* que se aproxima do valor obtido quando ao mesmo creme é adicionado sal.

Semelhantes aos resultados verificados neste trabalho, foram os de Nascimento *et al.* (2007), que mencionam que os preparados com reduzido teor de cloreto de sódio apresentaram valores superiores de luminosidade (L^*) e menores de intensidade da cor vermelha (a^*) que o controle. O parâmetro b^* , que mede a coloração amarela, não foi afetado pela redução do teor de sal na formulação.

4.3. Análise Comparativa dos Compostos Voláteis

As técnicas de análise apresentadas ofereceram uma opção de análise qualitativa viável e de baixo custo. Com base nos métodos previamente descritos no capítulo 2, obtiveram-se e compararam-se, usando os tempos de retenção cromatográficos (t_r) e os dados espectrais do MS, os perfis de compostos voláteis das amostras de cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá elaboradas com as diferentes formulações descritas usando amido de milho e goma xantana como texturantes.

As análises cromatográficas (GC-MS) foram inicialmente realizadas individualmente com as quatro variedades de maracujá. Este procedimento permitiu validar o tipo de maracujá a utilizar nas preparações ao longo de todo o trabalho. Posteriormente foram efectuadas as análises com os cremes base com amido e com os cremes com goma xantana. Paralelamente efectuaram-se também as análises individuais dos principais ingredientes: leite gordo, leite magro, amido em água, goma xantana em água (ver Anexo III). Este procedimento permitiu identificar os componentes voláteis existentes nos diferentes ingredientes e prever qual o contributo destes no perfil final dos preparados.

As análises preliminares dos cremes de pasteleiro foram realizados com os cremes sem maracujá, ou seja, os cremes base com e sem sal como estão apresentados no Anexo (III).

4.3.1. Análise e Comparação de Perfis de Voláteis de diferentes Polpas de Maracujá.

Neste trabalho a opção pelo aroma do maracujá deve-se ao fato de ser uma fruta com aroma intenso e atraente e utilizado com grande frequência no Brasil. Inicialmente consideraram-se quatro variedades de polpa maracujá para aromatizar os cremes de pasteleiro – polpa de maracujá (*Maguary*), maracujá amarelo (fruta), maracujá roxo (fruta) e polpa congelada (*Brasfrut*). Por SPME-GC-MS obtiveram-se os seus perfis de compostos voláteis. Uma análise comparativa dos quatro cromatogramas, permitiu seleccionar a polpa de maracujá congelado (*Brasfrut*) para a aromatização dos cremes de pasteleiro. A polpa congelada revelou o melhor perfil de compostos voláteis, quando comparada com o fruto (Anexo III). Como já foi anteriormente referido, a variedade mais comum no Brasil, o maracujá amarelo, é a mais utilizada na maioria das polpas processadas (concentradas e congeladas) como é o caso da polpa *Brasfrut*. Esta opção permite uma maior disponibilidade deste

ingrediente relativamente ao fruto (fresco), para além do fator económico. Há ainda a referir, que o recurso a um produto embalado padronizado, permite uma maior reprodutibilidade do produto acabado.

A interpretação dos cromatogramas revelou a presença de uma grande variedade de compostos voláteis nas quatro variedades de polpa maracujá analisadas. Este estudo preliminar permitiu identificar 60 compostos voláteis que estão identificados na tabela do Anexo IV. Nos cromatogramas das amostras de polpa de maracujá analisadas os compostos identificados, foram: 39 compostos no maracujá amarelo natural; 37 compostos no maracujá congelado *Brasfrut*; 24 compostos na polpa *Maguary* e 21 compostos no maracujá roxo (ver Anexo IV).

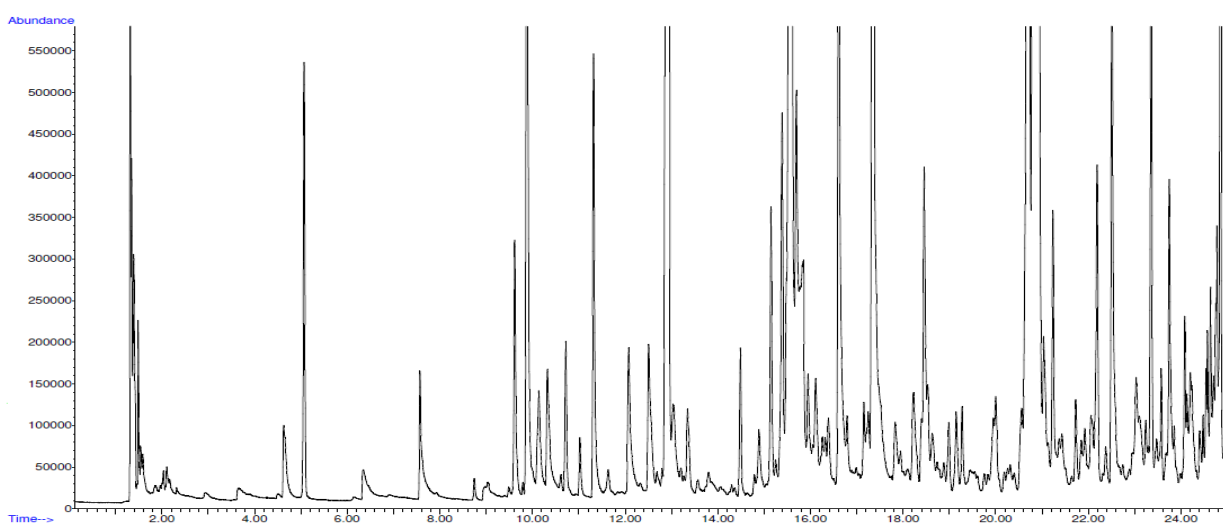


Figura 50 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por *HS-SPME-GC-MS* da polpa de maracujá *Brasfrut*.

Dos 37 compostos voláteis identificados na polpa congelada de maracujá amarelo brasileiro, *Brasfrut*, pertenciam predominantemente à classe de ésteres (45,1 %), álcoois (17,9 %), cetonas (10,4 %), aldeídos (8,1 %), terpenos (6,4%) e ácidos (6,5 %) (Anexo IV).

Diante da semelhança existente entre o perfil de aromas do fruto do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*) e a polpa congelada *Brasfrut* conforme (Anexo IV), caracteriza-se como sendo a melhor escolha para aromatizar os cremes de pasteleiro, mediante a praticidade e principalmente a padronização dos produtos de pastelaria.

A análise dos perfis de compostos voláteis foi realizada através da representação gráfica dos cromatogramas. Dentro do vasto número de compostos identificados na polpa de maracujá utilizada para a produção dos cremes (*Brasfrut*), podemos resumidamente referir, que existe um conjunto de seis compostos que aparecem em todos os cromatogramas do maracujá. Estes componentes voláteis são os mais afectados em termos quantitativos nos diferentes cremes preparados. Convém referir que

estes compostos não correspondem a voláteis dos outros ingredientes dos cremes. De acordo com a identificação efectuada (ver Anexo V), estes seis voláteis correspondem a compostos com o predomínio de ésteres, ver figura 51. Os componentes em destaque são: Furfural (4), Hexanoato de etilo (11), 3,7-dimetil-1,6-octadien-3-ol (Linalool) (20), Butanoato de hexilo (24), Hexanoato de (Z)-3-hexenilo (35) e o Hexanoato de hexilo (36).

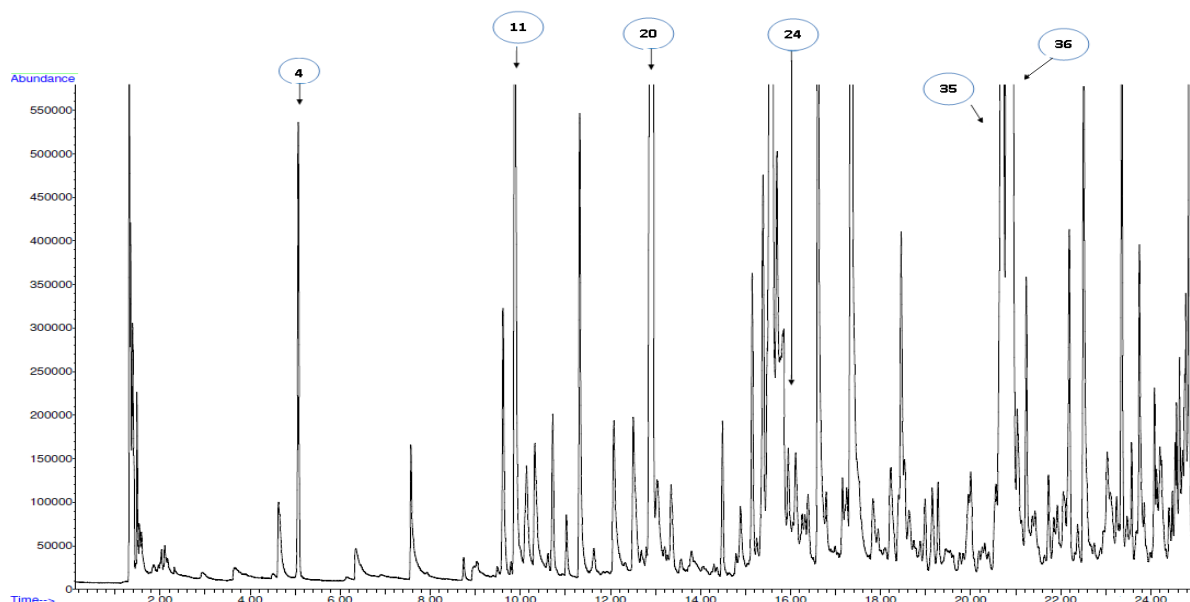


Figura 51 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por *HS-SPME-GC-MS* da polpa de maracujá *Brasfrut*. Os picos assinalados correspondem aos componentes seleccionados como referência e os mais afectados nos diferentes cremes.

4.3.2. Análise e Comparação de Perfis de Voláteis de Cremes de Pasteleiro com Amido e com Goma Xantana Aromatizados com Maracujá.

A análise dos perfis de compostos voláteis foi realizada através da representação gráfica dos cromatogramas.

Uma análise comparativa dos perfis obtidos para os cremes CAM e CXPM demonstra que existem diferenças significativas entre as duas amostras, ou seja, para os mesmos componentes, o CAM apresenta alguns picos maiores (11), (24), (35) e (36), relativamente ao CXPM e outros menores. É o caso do linalool (pico 20), que tem sido referido como um composto volátil característico do aroma de maracujá, e se evidencia muito significativamente nos cremes de pasteleiro com goma xantana, CXPM, relativamente aos cremes com amido CAM. O mesmo acontece com o composto (4) cujos picos são maiores para o creme com goma xantana.

De facto, dentre os compostos voláteis existentes em aromas de maracujá e que apresentam importância odorífera de acordo com a literatura científica (Ciampone, 2007), destaca-se o linalool, o que indica que este apresenta potencial para obtenção de essências altamente aromáticas que podem

ser reincorporadas em produtos derivados, como o suco concentrado de maracujá, de forma a contribuir, tanto para elevar a qualidade sensorial, quanto para aumentar a sua competitividade no mercado externo.

A explicação que parece mais plausível para estes resultados prende-se ao fato das amostras com a goma xantana conseguirem disponibilizar (libertar) melhor certos compostos voláteis, que aprisionam, contrariamente às amostras com amido. Enquanto que para outros voláteis se verifica o oposto. É notório o elevado teor relativo, dos picos (4) (Furfural) e (20) (Linalool) nos cromatogramas dos cremes com xantana, o que coloca em evidência estes compostos, como componentes maioritários nos cremes CXPM, como mostram as Figuras 52 e 53.

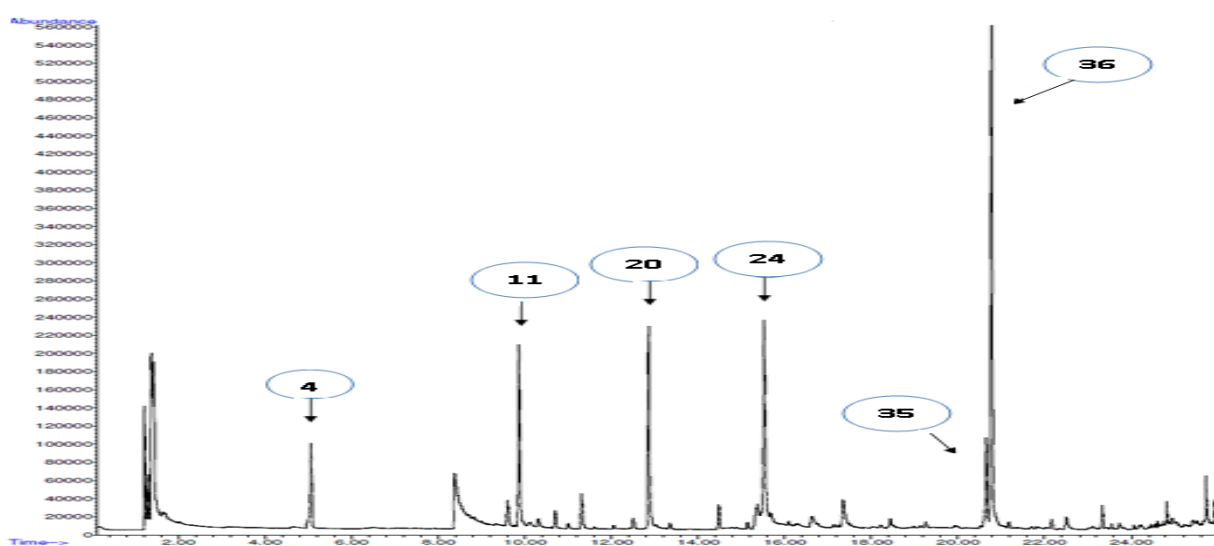


Figura 52 - Traçado de corrente iônica total (TIC) obtido por (HS-SPME-GC-MS) do creme de pasteleiro com amido aromatizado com maracujá sem sal, CAM.

De acordo com Lopes *et al.*, (2001) no caso dos polissarídeos, a sua capacidade de retenção de aroma é caracterizada por uma grande variabilidade, dependendo da natureza da macromolécula e dos compostos voláteis e do estudo realizado para quantificar a libertação destes compostos, utilizando a mesma técnica, verificou-se que a libertação dos compostos voláteis é menor na presença de amido de milho, sendo a retenção mais pronunciada no caso das dispersões não gelatinizadas. Estes resultados apresentam-se em concordância diante das análises realizadas com os cremes de pasteleiro em particular para o linalool (pico 20), que tem sido referido como característico do aroma de maracujá, e se evidencia nos cremes de pasteleiro com goma xantana.

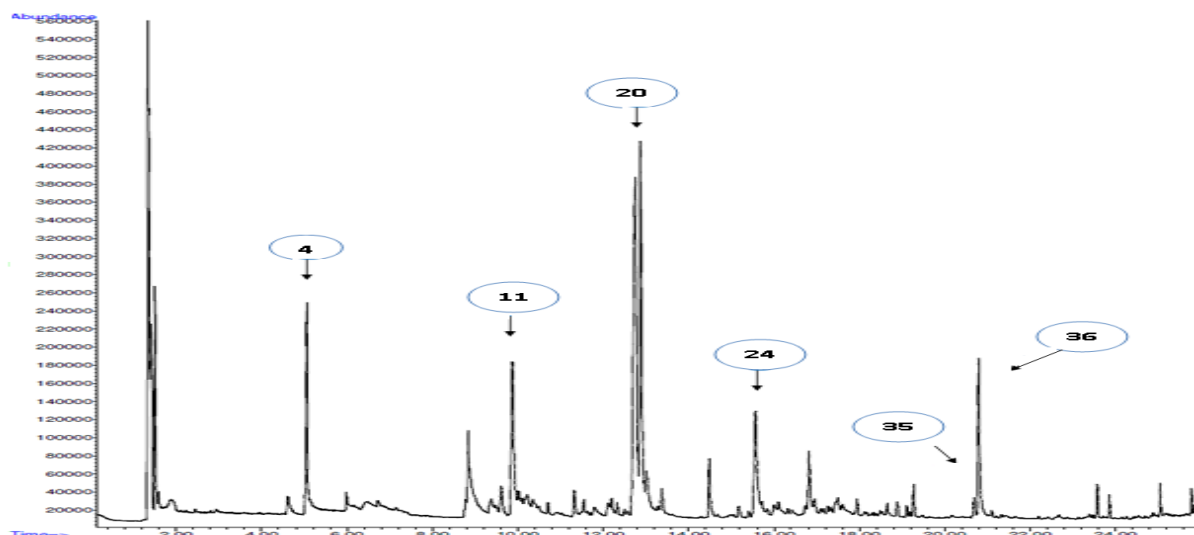


Figura 53 - Traçado de corrente iônica total (TIC) obtido por Cromatograma (*HS-SPME-GC-MS*) do creme de pasteleiro com e goma xantana aromatizado com maracujá sem sal, CXPM.

No que diz respeito aos cromatogramas das amostras de creme de pasteleiro com goma xantana que foram submetidas a um processo de congelamento/descongelamento os resultados são diferentes no que diz respeito ao perfil de voláteis. Os resultados obtidos, revelam que os cremes de pasteleiro submetidos ao processo de congelamento/descongelamento, CDXPM, apresentam um perfil de voláteis caracterizado pela presença de picos mais intensos (4), (11), (24), (35) e (36), quando comparados com os CAM e CXPM, com exceção do pico (20) (Linalool), em que este é mais intenso nos CXPM (ver Anexos III e IV).

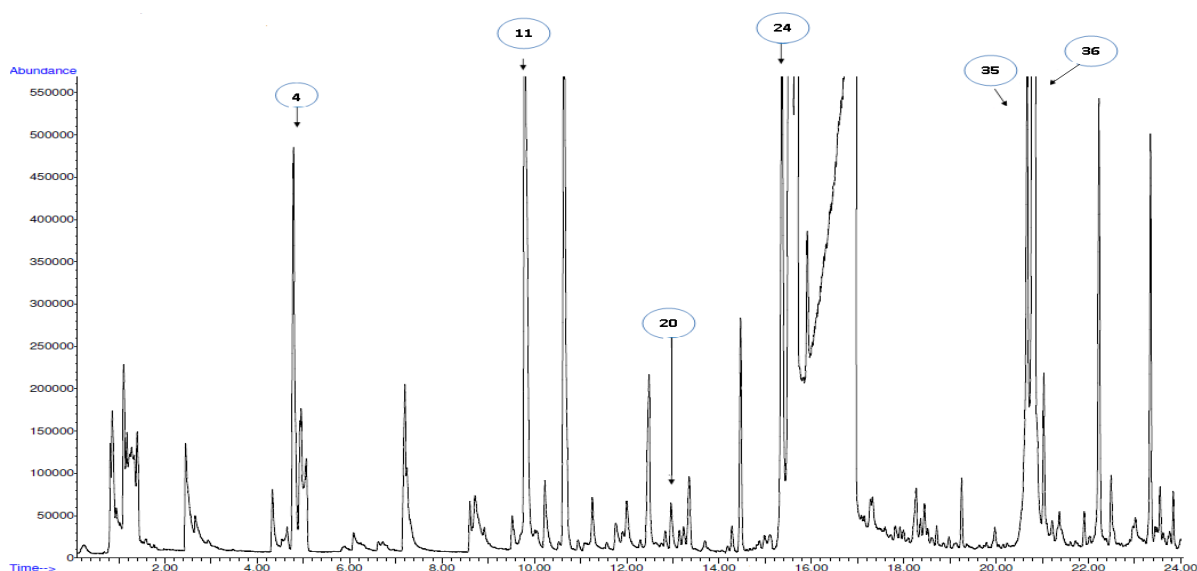


Figura 54 - Traçado de corrente iônica total (TIC) obtido por (*HS-SPME-GC-MS*) do creme de pasteleiro com e goma xantana aromatizado com maracujá sem sal e descongelado, CDXPM.

4.3.3. A Influência do Sal na Liberação de Compostos Voláteis

Em pastelaria é habitual adicionar-se uma pequena quantidade de sal aos doces para lhes melhorar as propriedades organolépticas. Com o objectivo de avaliar a influência do sal adicionado no perfil de voláteis analisaram-se cremes com composições idênticas, com e sem adição de sal. O aumento da força iónica do creme de pasteleiro mostrou ser um contributo com um efeito positivo nos resultados, apresentando uma notória influência na libertação dos compostos voláteis. Este resultado vem expresso nos cromatogramas obtidos para os cremes de pasteleiro com sal pelo aumento do número de picos, bem como um aumento substancial das intensidades relativas de todos os picos (concentração).

O sal, pelas suas características, em particular solubilidade em água, é conhecido como tendo um bom contributo nos processos extrativos de voláteis. Este diferencial justifica-se pelo contributo do efeito *salting-out*, onde a saturação da matriz aquosa com cloreto de sódio promove a diminuição da solubilidade dos componentes do aroma (de baixa hidrofília) na fase aquosa, favorecendo a extração dos analitos (Garruti *et al.*, 2011).

Na pastelaria a quantidade de sal adicionado é muito reduzida, mas apesar disso o fenómeno de *salting-out* faz-se notar. Para as características organolépticas, e em particular aroma, dos cremes de pasteleiro contribuem compostos de baixa polaridade, pouco solúveis na fase aquosa. Mediante a adição de sal eles tornam-se ainda menos solúveis na fase aquosa, sendo esta uma justificação provável para que exista diferença nos resultados dos cremes CAMS (Figura 55) e CXPMS (Figura 56).

Abaixo estão representados os cromatogramas dos cremes CAMS e CXPMS, da comparação dos compostos em destaque nestes cremes, verifica-se que, os compostos voláteis representados pelos picos (11), (20), (24), (35) e (36) com excepção do (4) são maiores no CXPMS, do que no creme CAMS. Convém ainda referir, que no creme CXPMS para além dos compostos em destaque no perfil, este possui uma maior complexidade.

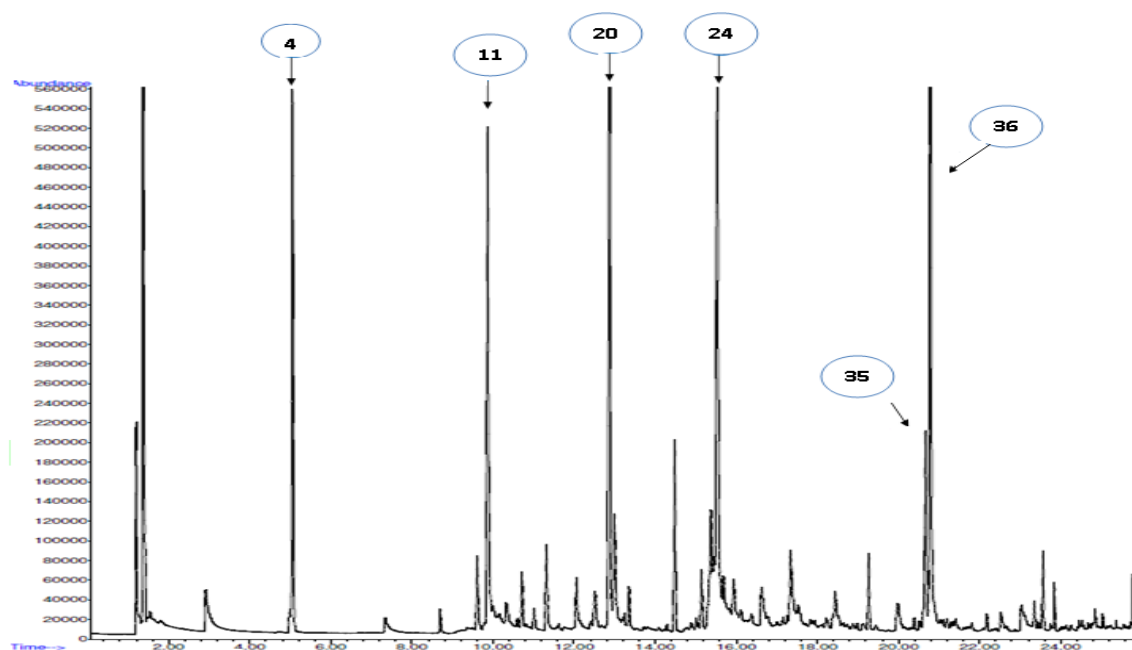


Figura 55 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (HS-SPME-GC-MS) do Creme de Padeiro aromatizado com Maracujá com Amido com Sal, CAMS.

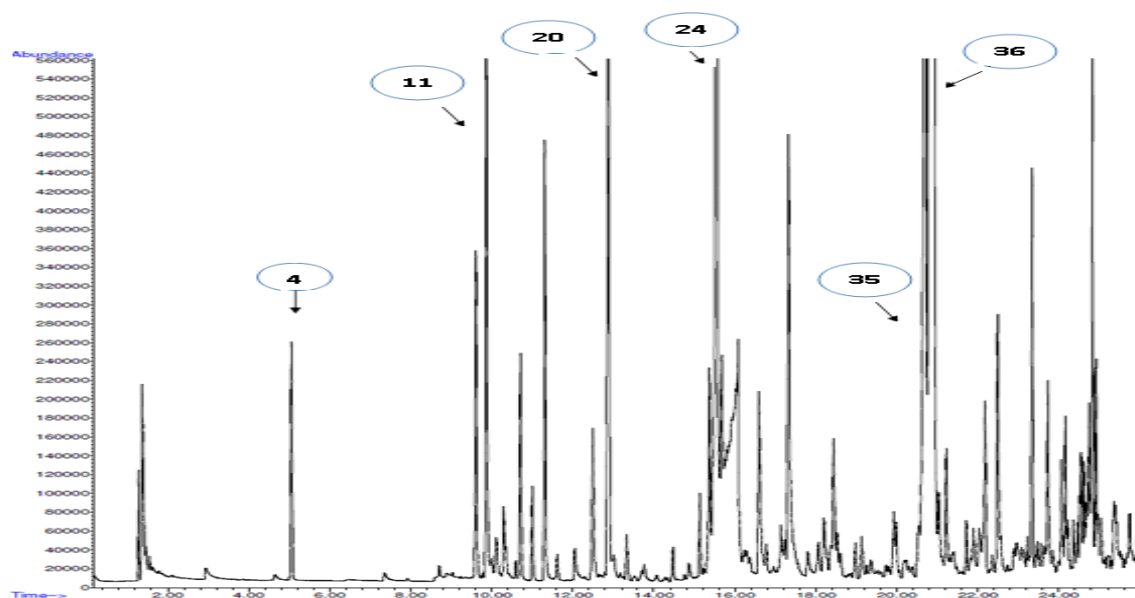


Figura 56 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (HS-SPME-GC-MS) do Creme de Padeiro aromatizado com Maracujá com Goma Xantana com Sal, CXPMS.

4.3.4. A Influência dos Lipídeos na Libertação de Compostos Voláteis dos Cremes de Padeiro

Como referido acima, para as características organolépticas, e em particular o aroma, dos cremes de padeiro contribuem compostos de baixa polaridade, pouco solúveis na fase aquosa, mas

solúveis na gordura. Na generalidade dos cremes preparados foi usado leite magro. Com o objectivo de analisar o efeito da substituição do leite magro por leite gordo na libertação de voláteis foi preparado um creme de pasteleiro com goma xantana RD, seguindo o processo descrito, mas utilizando leite gordo.

O lipídeo presente no leite está na forma de glóbulos de gordura, diferenciados por tamanhos, (Araújo *et al.*, 2008). Estes vão influenciar as características organolépticas dos produtos. Desta forma, quando se utiliza um leite gordo em produtos de pastelaria, pretende-se desenvolver preparações com características organolépticas desejáveis e agradáveis do ponto de vista sensorial e funcional.

De acordo com os resultados obtidos através da comparação dos cromatogramas, verifica-se uma grande diferença nos perfis entre os cremes de pasteleiro elaborados com leite magro onde os picos são maiores, e os perfis dos cremes elaborados com leite gordo. Este resultado permite identificar o lipídeo do leite como um fator de retenção dos compostos voláteis. De factos os agentes encapsulantes normalmente empregados na microencapsulação são: amidos modificados, e outros carboidratos, e lipídeos, entre outros (Stringheta e Constant, 2002). Nas Figuras 57 e 58, estão representados os cromatogramas do leite magro e leite gordo, respectivamente.

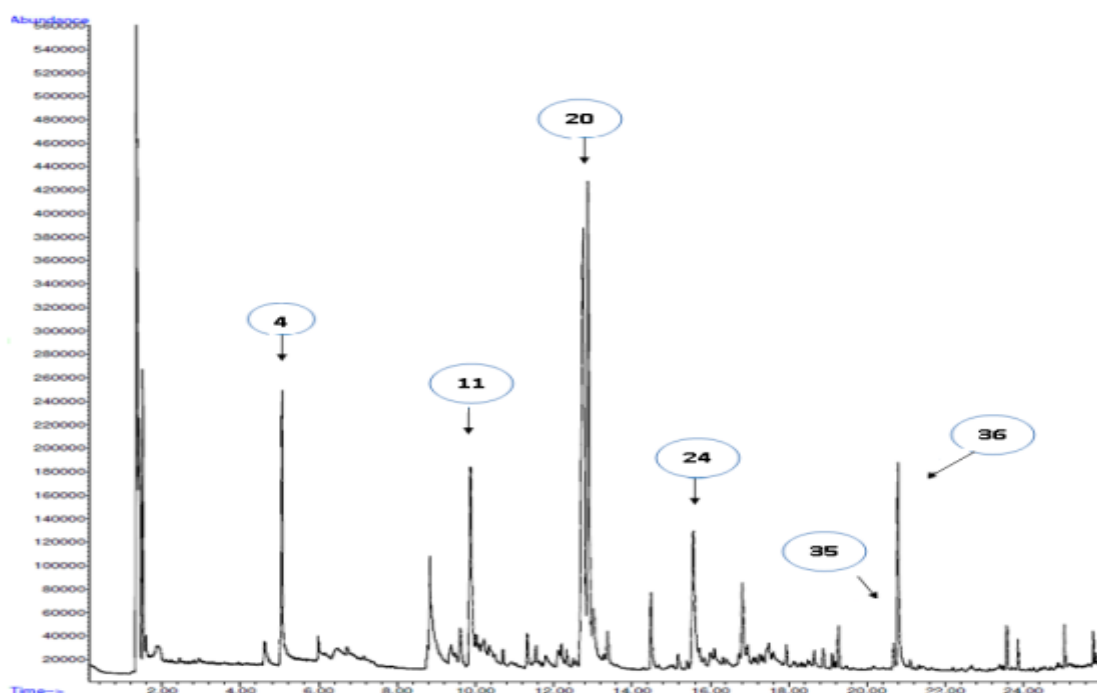


Figura 57 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (HS-SPME-GC-MS) o Creme de Pasteleiro aromatizado com Maracujá com Leite Magro, CXPM.

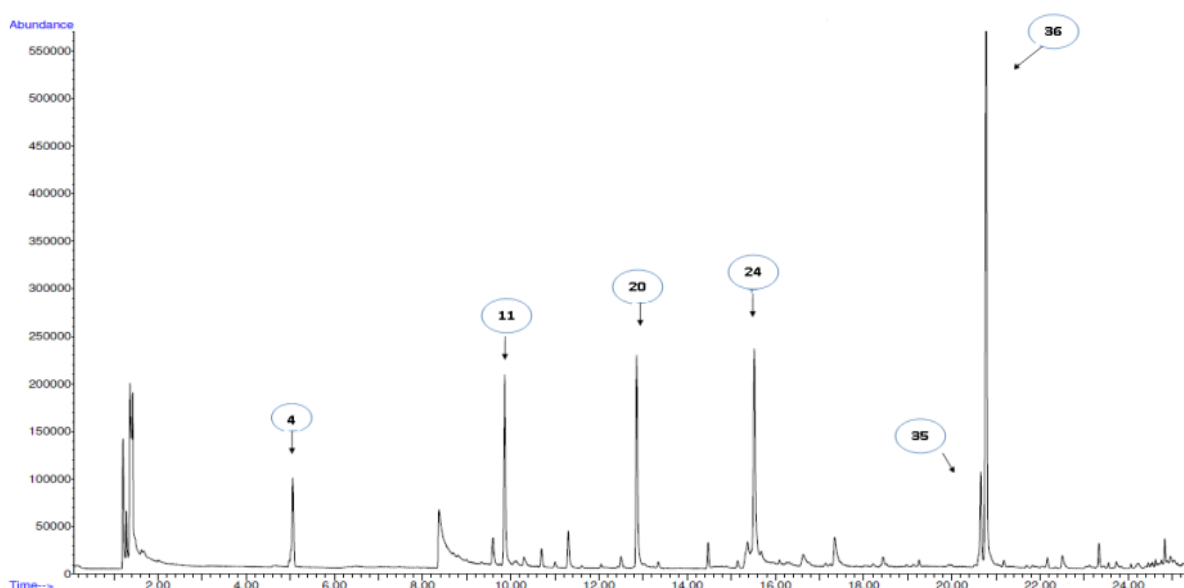


Figura 58 - Traçado de corrente iónica total (TIC) obtido por (HS-SPME-GC-MS) o Creme de Pasteleiro aromatizado com Maracujá, CXPM com Leite Gordo.

O efeito desta situação nas propriedades organolépticas dos cremes não foi contudo avaliado. O facto da gordura aprisionar os aromas, não significa que eles não se libertem na boca, pois acabam por se manifestar sempre que comemos qualquer preparação rica em gordura com substâncias aromatizantes lipossolúveis. Consideramos que no futuro esta pode ser uma área a explorar.

Resumo das comparações dos perfis entre os cremes CAM, CAMS, CXPM, CXPMS

Em resumo, na figura 59, podemos destacar dos perfis cromatográficos dos diferentes cremes de pasteleiro: a exuberância dos componentes do maracujá, o efeito do hidrocolóide utilizado (Goma Xantana/Amido) e o contributo do Sal.

Dos perfis cromatográficos obtidos para os cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá, facilmente se destaca o creme de pasteleiro com goma xantana RD com sal (CXPMS) como o que apresenta o perfil com maior número e maior intensidade de picos relativos aos compostos voláteis. Os cremes com goma xantana apresentam sempre perfis com mais picos, e com maior intensidade relativamente aos cremes preparados usando amido. O efeito do sal foi o de intensificar a complexidade e intensidade do perfil aromático/sabor dos cremes e em particular no creme CXPMS. A correlação entre estes resultados a percepção organoléptica foi avaliada através de testes de análise sensorial.

Ainda a referir que o creme de pasteleiro aromatizado com maracujá com goma xantana RD com sal (CXPMS) é o que apresenta notoriamente o perfil mais similar ao da polpa de maracujá *Brasfrut*.

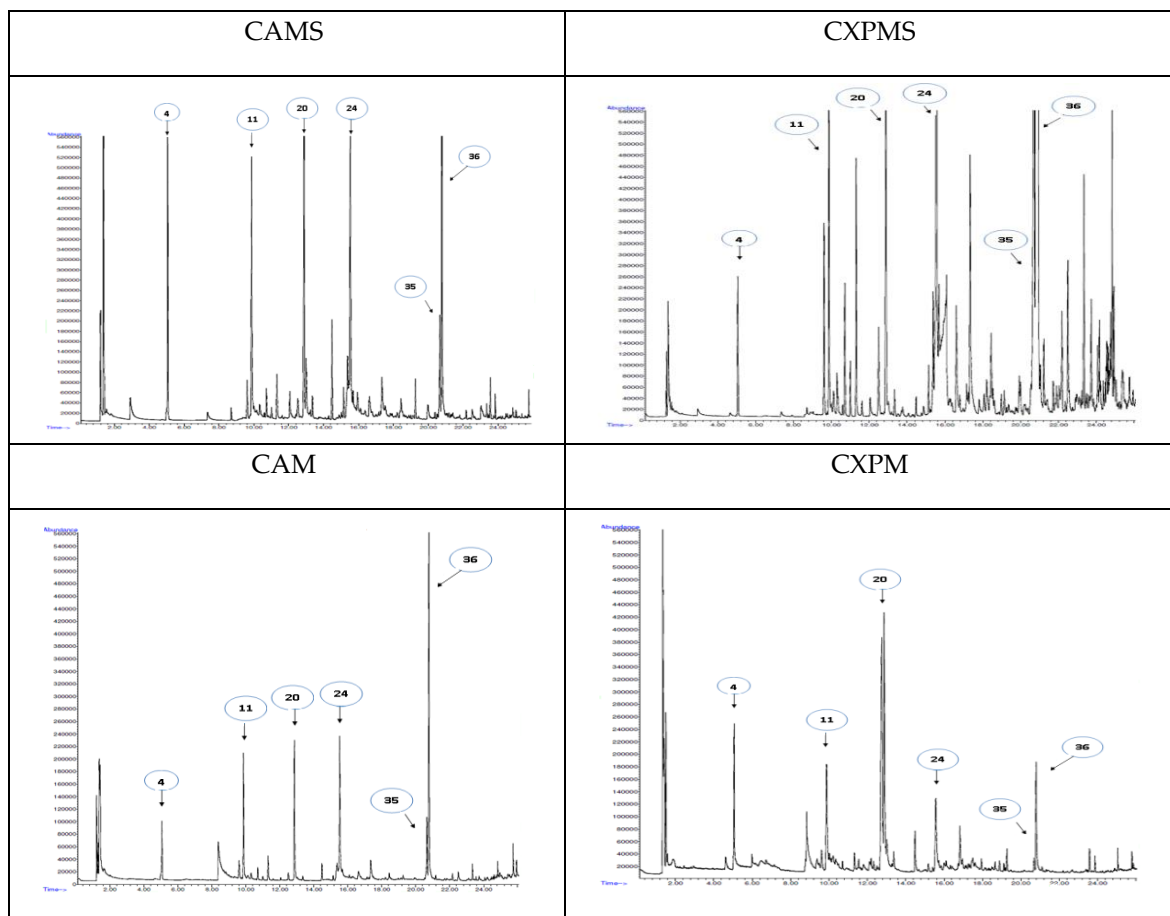


Figura 59 - Traçados de corrente iónica total (TIC) obtidos por (*HS-SPME-GC-MS*) dos cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá preparados com amido com sal (CAMS), com goma xantana RD com sal (CXPMS), com amido sem sal (CAM) e com goma xantana RD sem sal (CXPM), respectivamente.

4.3.5. Compostos Voláteis (Aroma)

O aroma é chave determinante para a qualidade dos frutos e é definido pelo perfil volátil dos alimentos (Keenan *et al.*, 2012). Este consiste numa mistura complexa de compostos voláteis, a composição destes varia com a espécie e com a cultivar do fruto. Cada fruto possui um aroma distinto que resulta da combinação dos voláteis, assim como, da sua concentração e do limiar mínimo de deteção/perceção de cada composto pelo ser humano (Hadi *et al.*, 2013).

Os aromas de um alimento é determinado pelos compostos voláteis percebidos pelo nariz (por via retronasal). A quantidade de substâncias voláteis nos alimentos é muito pequena e dentro

dessas substâncias nem todas são importantes para o aroma. É difícil distinguir os compostos voláteis responsáveis pelo aroma dos alimentos.

O parâmetro OAV (*Odour Activity Values*), valores de actividade de odor, mostra-se muito relevante e útil quando se trata de um estudo sobre compostos voláteis e o aroma a que lhes está associado. Este conceito consiste na relação de concentração do composto volátil em questão e o limiar mínimo de detecção desse composto pelo ser humano. Compostos com um OAV superior a 1, são assumidos como compostos que contribuem para as características de aroma dos alimentos. Caso o OAV seja inferior a uma unidade, quer dizer que a concentração do composto presente no fruto é menor que o limite de detecção deste, pelo que é questionável que contribua significativamente para o aroma do fruto (Pino e Mesa, 2006).

Um outro parâmetro relevante é o OTV (*Odor Threshold Value*), valores de detecção de odor, que pode ser definido como a concentração mínima de uma substância que pode ser detectada pelo nariz humano. Os valores de OTV podem ser expressos como a concentração em água ou a concentração no ar. Quando menor o valor de OTV de um dado composto, menor a concentração necessária para que seja detectado. No presente trabalho, dadas as suas características, consideraremos apenas os valores de OTV.

Para os componentes seleccionados como referência e os mais afectados nos diferentes cremes, na Tabela 11, descrevem-se os seus valores de OTV bem como os respectivos descritores de aroma (Qualidade de Odor).

Tabela 11 - Valores de OTV e Descritores de odor para os componentes seleccionados como referência e os mais afectados nos diferentes cremes.

Picos	Compostos Voláteis	OTV µg/L (ppb) (em água)	Descritores
4	Furfural	3000	Alho fresco, borracha, mofo
11	Hexanoato de etilo	1	Frutado, floral, verde, doce, anis, conhaque, cerosa
20	Linalool	6	Perfume, floral, limão, doce, frutado, cítrico, rosa
24	Butanoato de hexilo	203	Pasta de dentes, citrinos, medicinal, fresco
35	Hexanoato de (Z)-3-hexenilo	16	Frutado, ceroso, verde, tropical, balsâmico
36	Hexanoato de hexilo	500	Verde, ceroso, doce, baga

No Anexo IV encontram-se compilados os valores de OTV (em µg/L (ppb), em água) para a maioria compostos voláteis identificados nas polpas de maracujá analisadas (Goldenger *et al.*, 2012; Leffingwell & Associates, 2008).

Ainda no âmbito da caracterização dos compostos voláteis identificados, no Anexo IV, são mencionados os descritores de qualidade do aroma (Contributo/Notas de Aroma) para a maioria compostos voláteis identificados nas polpas de maracujá analisadas (Goldenger *et al.*, 2012; Freitas *et al.*, 2011).

Estes dois últimos parâmetros mencionados estão implicitamente relacionados e em concordância com os testes de aceitabilidade efectuados para os diferentes cremes aromatizados com maracujá.

4.4. Análise Sensorial

As características sensoriais de cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá foram avaliadas pelo teste de aceitação. A população participante da análise sensorial foi composta por provadores voluntários, não treinados, de ambos os sexos, estudantes e funcionários da Faculdade de Ciências e Tecnologia. Os testes foram realizados numa sala de aula.

4.4.1. Teste de aceitabilidade

Foram recrutados 55 provadores para realização do teste, o qual foi conduzido em sala livre de ruídos e odores e em cabines (carteiras) individuais, sob luz branca. As quatro amostras de 10 g foram colocadas em copos descartáveis previamente codificados com uma numeração aleatória de três dígitos. Os provadores avaliaram as amostras através de escala hedônica de nove pontos descrita por Moraes (1985) (Anexo V).

Esta escala varia gradativamente de 1 (gostei muitíssimo) a 9 (desgostei muitíssimo), indicando o quanto os consumidores gostaram ou desgostaram das amostras de cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá. As amostras foram avaliadas em uma única sessão.

Os dados obtidos na análise sensorial foram submetidos ao teste não paramétrico de Friedman para estabelecer a preferência dos cremes de pasteleiro com diferentes hidrocolóides aromatizados com maracujá (Minim, 2006).

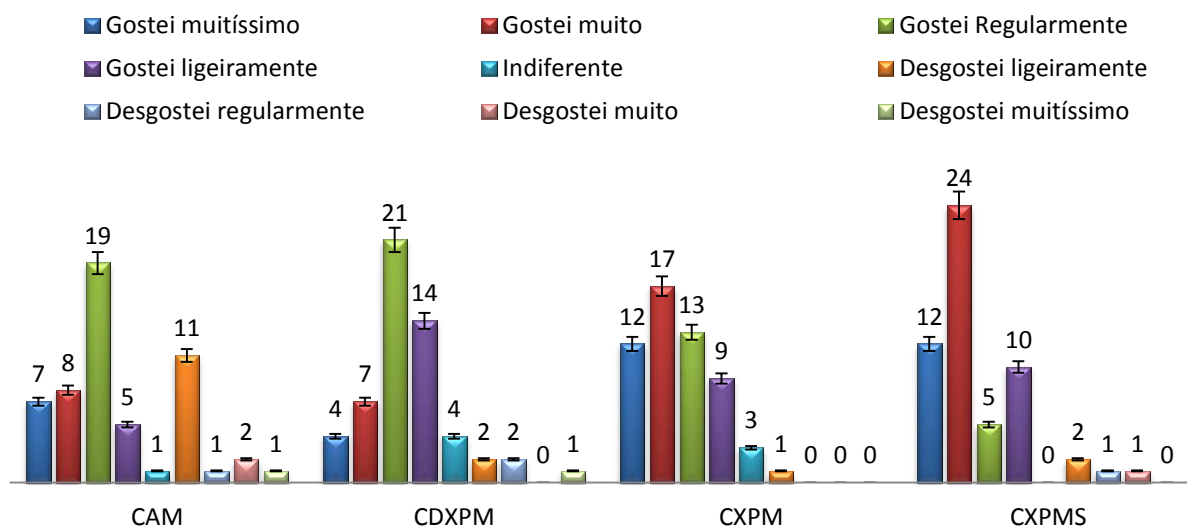


Figura 60 - Histograma representando a preferência dos provadores de acordo com a escala hedônica.

Não houve diferenças significativas entre as amostras de creme de pasteleiro com goma xantana RD (*Premium*) aromatizada com maracujá sem sal e com sal (Figura 60). A maior aceitação sensorial pelos provadores de ambos os sexos foi para estes cremes. Os cremes com amido e com goma xantana RD (*Premium*) descongelado, ambos aromatizados com maracujá também não tiveram diferenças significativas entre as amostras, contudo, foram os cremes de menor aceitação diante da totalidade das amostras.

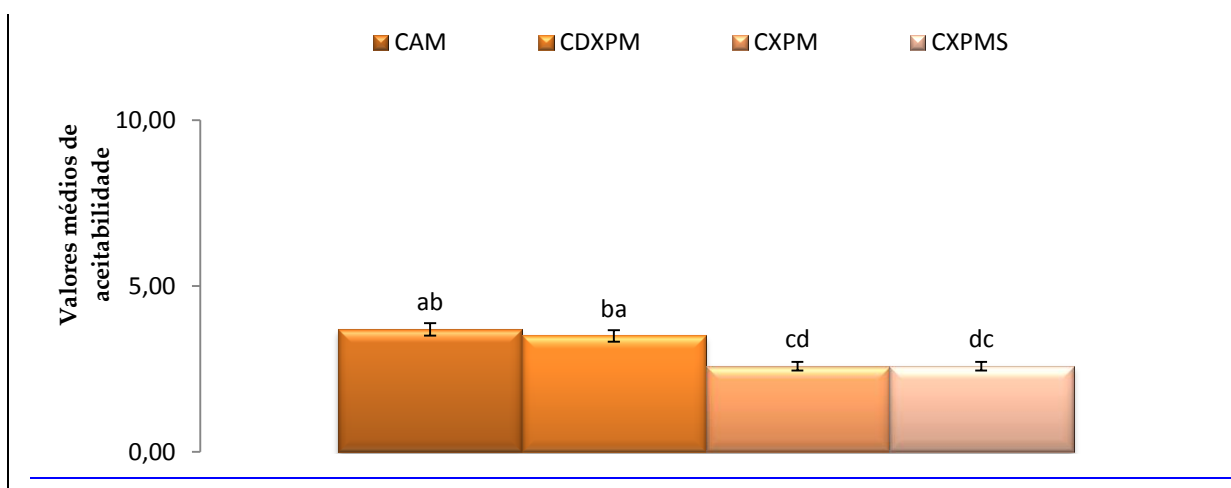


Figura 61 - Representação gráfica dos valores médios de aceitabilidade das amostras de cremes de pasteleiro.

Para calcular os valores médios de aceitabilidade atribuíram-se valores de 1 a 9 de acordo com a escala hedônica. Nota-se que o valor 1 foi atribuído à apreciação mais favorável e a 9 à menos

favorável. Com base nesses valores determinaram-se as médias. Desta forma, uma média mais baixa significa um preparado de maior aceitação.

Os resultados obtidos demonstram que há uma maior aceitabilidade pelos consumidores dos cremes preparados com goma xantana RD. Mostram ainda que a aceitabilidade dos cremes com goma xantana RD sujeitos a um processo de congelamento/descongelamento é idêntico ao dos cremes com amido (preparação clássica) o que sugere que esta prática possa ser adoptada sempre que necessário pois permite obter cremes com qualidade e uma melhor gestão do trabalho.

Em resumo, os resultados demonstram que a substituição de amido por goma xantana RD introduz vantagens do ponto de vista da qualidade e/ou gestão do trabalho.

CONCLUSÃO

Os cremes de pasteleiro, são das preparações mais utilizadas em pastelaria. A importância da qualidade de um creme de pasteleiro está associado ao tempo de vida útil do produto em prateleira, estabilidade nos processos de congelamento e descongelamento, características organolépticas, facilidade de libertação de compostos voláteis e textura desejável para espalhar e rechear preparações de pastelaria.

O creme de pasteleiro clássico tem diversas limitações, que com este trabalho se pretenderam ultrapassar obtendo cremes com a mesma funcionalidade, melhor aceitabilidade, maior tempo de prateleira e que pudessem ser sujeitos a processos de congelamento/descongelamento. Com esse objectivo, substituiu-se o amido de milho, em geral usado, por goma xantana comum (goma xantana *Clear*) e goma xantana de rápida dispersão (goma xantana RD).

Como forma de avaliar a utilização destes novos ingredientes, e técnicas estudaram-se os impactos das substituições referidas nas componentes de textura e de aroma dos cremes.

Na fase inicial do trabalho, durante o processo de preparação dos cremes, verificou-se que os cremes de pasteleiro com goma xantana aromatizados com maracujá, não podiam ser confeccionados pelo mesmo método utilizado nos cremes com o amido de milho aromatizados. Foi assim necessário desenvolver um método de preparação, que permitisse obter cremes de pasteleiro homogêneos e com características organolépticas e texturais semelhantes às dos cremes elaborados com amido de milho.

Efectuaram-se análises de textura através de testes de TPA. Os resultados obtidos para os parâmetros de firmeza, adesividade e coesividade, permitiram concluir que os cremes com goma xantana apresentam texturas semelhantes aos cremes com amido de milho. Em particular, os cremes com amido e os cremes com goma xantana *Clear* e goma xantana RD possuem pequenas diferenças em termos de firmeza, contudo, apresentam a mesma funcionalidade. Considerando os parâmetros de adesividade e coesividade os cremes contendo goma xantana RD são mais adesivos e coesivos que os cremes com amido, sendo os menos adesivos os cremes com goma xantana *Clear* e ambos os cremes com goma xantana têm maior coesividade que os cremes com amido.

Realizaram-se testes reológico dos cremes preparados. Os testes mecânicos permitiram concluir que todos os cremes tinham uma estrutura de gel fraco, sendo no entanto os cremes com goma xantana *Clear* os que tinham um menor grau de estruturação, tendo os cremes com goma xantana RD um comportamento mais próximo dos cremes com amido de milho. Os testes de avaliação da viscosidade demonstraram que todos os cremes têm um comportamento reofluidificante e possuem viscosidades muito semelhantes.

O processo de congelamento/descongelamento não influenciou de forma significativa os parâmetros de textura e reológicos.

A avaliação dos parâmetros da cor, pelo sistema de coordenadas L^* , a^* e b^* , também referido como sistema CIELAB, permitiu concluir que os cremes mais claros, ou seja, com valores de L^* superiores foram os cremes contendo goma xantana RD e sem sal. O efeito da alteração do hidrocolóide não se fez contudo sentir da mesma forma nas coordenadas a^* e b^* . Também para estes parâmetros não é evidente a influência do sal. O processo de congelamento/descongelamento influencia pouco os parâmetros de cor.

Para avaliação do efeito do texturizante usado na libertação de aromas, prepararam-se cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá. Usando como técnica a microextração em fase sólida do *headspace* (HS-SPME) e a cromatografia gasosa-espectrometria de massa (GC-MS) levou-se a cabo uma comparação do perfil de libertação de compostos voláteis dos cremes com amido de milho e goma xantana, com particular incidência nos cremes com goma xantana RD, dado que os testes de textura e reológicos indicavam que esta seria a melhor opção.

O maracujá (*Passiflora edulis*) apresenta uma ampla diversidade de compostos voláteis. Para selecção do tipo de polpa de maracujá a utilizar para aromatizar os cremes de pasteleiro, compararam-se os perfis de libertação de voláteis de quatro variedades – polpa de maracujá (*Maguary*), maracujá amarelo (fruta), maracujá roxo (fruta) e polpa congelada (*Brasfrut*). Uma análise comparativa dos cromatogramas, permitiu seleccionar a polpa de maracujá congelado (*Brasfrut*) como a melhor opção. Esta revelou o melhor perfil de compostos voláteis, quando comparada com o fruto, está mais

disponível, é mais económica e sendo um produto embalado padronizado, permite uma maior reprodutibilidade.

A comparação dos perfis demonstrou que o tipo de texturizante usado tem um efeito decisivo na libertação de compostos voláteis. Os cromatogramas dos cremes preparados com goma xantana RD revelam um maior número de picos e uma maior intensidade de alguns destes. Em particular do linalool, um composto que tem sido associado ao aroma característico do maracujá. Verificou-se ainda que o processo de congelamento/descongelamento tem efeito no perfil aromático, aumentando a intensidade de libertação de uns compostos e reduzindo a de outros. Em particular o linalool desce significativamente.

Avaliou-se ainda o efeito da adição de sal aos cremes, uma prática comum em pastelaria, tendo-se concluído que este é muito importante. Os cromatogramas dos cremes com sal tinham maior número de picos e sobretudo a generalidade dos picos tinha uma maior intensidade. Tal é possivelmente resultado de um processo de *salting-out*.

Finalmente avaliou-se a influência da utilização de leite gordo, em vez do leite magro usado na generalidade dos testes na libertação de aromas. Tendo-se concluído haver uma grande diferença, os cromatogramas dos cremes elaborados com leite gordo apresentam menos picos e menos intensos, o que pode ser explicado por uma retenção pela gordura das moléculas lipossolúveis responsáveis pelo aroma.

Dos perfis cromatográficos obtidos para os cremes de pasteleiro aromatizados com maracujá facilmente se destaca o creme de pasteleiro com goma xantana RD com sal como o que apresenta o perfil com maior número e maior intensidade de picos relativos aos compostos voláteis.

A correlação entre estes resultados e a percepção organoléptica foi avaliada através de testes de análise sensorial de quatro cremes aromatizados com maracujá (com amido, com goma xantana RD sem sal (fresco e sujeito a um processo de congelamento/descongelamento) e com goma xantana RD com sal). Os cremes de pasteleiro com goma xantana RD aromatizados com maracujá sem sal e com sal foram os que mereceram maior aceitação, sem diferenças significativas entre eles. Os cremes com amido e com goma xantana RD descongelado seguiram-se, também sem diferença significativa entre eles.

Estes resultados levam-nos a sugerir que este novo produto pode ter um impacto significativo na confeção de pastelaria do ponto de vista da qualidade e gestão de trabalho já que, de acordo com os resultados obtidos, os cremes de pasteleiro com goma xantana podem ser submetidos a processos de congelamento/descongelamento mantendo boas propriedades organolépticas.

Como conclusão final, ressaltamos a importância das pesquisas relacionadas com o desenvolvimento de novas técnicas que permitam otimizar as preparações gastronômicas de forma a melhorar técnicas, a qualidade dos produtos e sua durabilidade, ou seja, o tempo de vida útil do produto em prateleira. Este é um tema fascinante que cada vez mais envolve a atenção de investigadores, cientistas e profissionais de cozinha trabalhando em equipas multidisciplinares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, Robert P. (1995). *Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy*, New York: Allured Publishing Corporation.
- Adedokun, M.O. & Itiola, O.A. (2010). Material properties and compaction characteristics of natural and pregelatinized forms of four starches. *Carbohydrate Polymers*, 79, 818- 824.
- Alpendurata, M. F. (2000). Solid-phase microextraction: a promising technique for sample preparation in environmental analysis. *Journal of Chromatography A.*, Amsterdam, 889, 3-14.
- Alves, M.M. (2003). *A Reologia*. In: Castro A.G. *A Química e a Reologia no Processamento de Alimentos*, Lisboa: Instituto Piaget.
- Araújo, W.M.C., Montebello, N.P., Botelho, R.B.A., Borgo, L.A. (2008). *Alquimia dos alimentos*. v. 2., 2ª edição, Brasília: Editora SENAC-DF.
- Belitz, H.D. e Grosch, W. (1992). *Química de Los Alimentos*. 2ª edición, Acribia, Editorial, S.A.
- Bello-Pérez, L.A., Montealvo, M.G.M. & Acevedo, E.A. (2006). *Almidón: definición, estructura y propiedades*. In: Lajolo, F.M.; Menezes, E.W. *Carboidratos em alimentos regionalesiberoamericano*. São Paulo: Edusp, 1, 17-46.
- Berlinet, C., Ducruet, V., Brillouet, J-M., Reynes, M., & Brat, P. (2005). Evolution of aroma compounds from orange juice stored in polyethylene terephthalate (PET). *Food Additives and Contaminants*. France.
- Bobbio F.O. & Bobbio, P.A. (1992). *Introdução à química de alimento*, 2ª Edição. São Paulo: Editora Varela.
- Boger, D. V. & Walters, K. (1993). *Rheological phenomena in focus*. Amsterdam, Elsevier.
- Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. *Food science and technology international series*. London: Academic Press, 107-112.
- Bourne, M.C. (1978). Texture Profile Analysis. *Food Technology*, 32, 62-72.

- Bourne, M.C. (1982). *Texture, Viscosity, and Food*. In: *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. San Diego: Academic Press, 1-23.
- BRASIL. Leis, Decretos, etc. Instrução Normativa nº1, de 7 de Janeiro de 2000, do Ministério da Agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, nº6, 10 de Janeiro. (2000). Seção I, 54-58. [Aprova os Regulamentos Técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas].
- Brillat-Savarin, J.A. (1982). *Physiologie du Gout*, consulted in the presentation by Jean-Franchois Revel. Paris: Flammarion, 62.
- Canuto, K.M., Souza-Neto, M.A. & Garruti, D.S. (2009). Composição química volátil, em diferentes estádios de maturação de manga 'Tommy Atkins' produzida no vale do São Francisco. *Química Nova*, São Paulo: 32, 2377-2381.
- Carasek, E. & Pawliszyn, J. (2006). Screening of tropical fruit volatile compounds using solid-phase microextraction (SPME) fibers and internally cooled SPME fiber. *J Agric Food Chem*, 54, 8688-8696.
- Carvalho, A.J.C., Martins, D.P., Monerat, P.H. & Salassier, B. (1999). Produtividade e qualidade do maracujazeiro amarelo em resposta à adubação potássica sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 333-337.
- Challen, I.A. (1994). *Xanthan gum: A multifunctional stabilizer for food products*. In: Nishinari, K.; DoiE. (eds.), *Food Hydrocolloids: Structure, properties, and functions*. New York: Plenum Press, 135-140.
- Chaplin, M. (2013). *Water Structure and Science*. 28. Disponível em: <http://www.lsbu.ac.uk/water/hydro.html>, Acesso em 22 de maio de 2014.
- Cheftel, J.-C., Cuq, J.-L. & Lorient, D. (1898). *Proteínas Alimentarias*. Zaragoza: Acribia, 167-177.
- Chung, L.M. & Rengarajan, O.K.R. (1998). Volatiles in selected commercial breads. *Cereal Chem.*, 75(6), 847-853.
- Ciampone, S. (2007). *Perfil de voláteis em water phase de maracujá amarelo (Passiflora edulis f. Flavicarpa degener) e avaliação de seu potencial para a produção de essência natural*. Tese (Doutorado) Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas: Universidade Estadual de Campinas.
- Civille, A.V. & Szczesniak, A.S. (1973). Guidelines to training a texture profile panel. *Journal of Texture Studies*, 4, 204-209.
- Clark, A.H. (2000). *Biopolymer gelation - the structure -property relationship*. Em: *Gums and Stabilisers for the food industry 10*. Williams, P.A. e Phillips, G.O., (eds), The Royal Society of Chemistry, 91-110.
- Costa, J.R.M., Lima, C.A.A., Lima, E.D.P.A., Cavalcante, L.F. & Oliveira, F.K.D. (2001). Caracterização dos frutos de maracujá amarelo irrigado com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 143-146.
- Cottrell, I.W. (1979) In: P. A. Sandford; K. Matsuda. American Chemical Society, New York: (ACS Symposium Series), 251-270.

- Cubero, N., Monferrer A. & Villalta J. (2002). *Aditivos Alimentarios*, Madrid : Mundi-Prensa Libros.
- Doublier, J.L., & Thibault, J.F. (1984). Les agentes épaississants et gélifiants de nature glucidique. Em: *Additifs et Auxiliaires de Fabrication dans les Industries Agro-Alimentaires*, Collection Science et techniques Agro-Alimentaires, 305-341.
- Drake, M.A. (2007). Sensory Analysis of Dairy Foods. *American Dairy Science Association. Journal Dairy Science*, 90, 4925–4937.
- Duchene, L & Jones, B. (2000). Sobremesas e suas técnicas. *Le Cordon Bleu*. Editora Marco Zero.
- Dutcosky, S.D. (1996). Análise sensorial de alimentos. Curitiba: Editora Champagnat, 123.
- EFSA. *European Food Safety Authority. Food Additives*. Disponível em <<http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/additives.htm>> Acesso em: 6 de janeiro de 2012.
- Eliasson, A.C. (1996). *Carbohydrates in food*. New York: Marcel Dekker, 561.
- Eliasson, A.C. (1996). *Carbohydrates in food*. New York: Marcel Dekker, 664.
- Eliasson, A.C. (2004). *Starch in food – Structure, function and applications*. New York: Boca Raton, CRC, 605.
- Engel, K.H. & Tress, R. (1991). Identification of new sùlfur-containing volatiles in yellow passion fruits (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39, 2249-2252.
- FAO/WHO. Food and Agriculture Organization/ World Health Organization. *Codex Alimentarius*. Disponível em <<http://www.codexalimentarius.org/>> Acesso em: 13 de abril de 2014.
- Ferreira, V.L., Almeida, T.C.A., & Pettinelli, M.L.C. (2000). Testes discriminativos e afetivos. *Análise sensorial, SBCTA*, Manual. Campinas: Série Qualidade.
- Folegatti, M.I.S. & Matsuura, F.C.A.U. (2002). *Produtos*. In: *Maracujá Pós-colheita*: Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 13-15.
- Fontaniella, B., Rodríguez, C.W., Piñón, D., Vicente, C. & Legaz, M.-E. (2002). Identification of xanthans isolated from sugarcane juices obtained from scalded plants infected by *Xanthomonas albilineans*. *Journal of Chromatography B*, 770, 275-281.
- Franco, M.R.B. & Janzantti, N.S. (2004). Aroma de frutas Tropicais: Avanços na metodologia instrumental da pesquisa do sabor. In: FRANCO, M.R.B. *Aroma e sabor de alimentos: Temas atuais*. São Paulo: Editora Varela.
- Freitas, R.A., Paula, R.C., Feitosa, J.P.A., Rocha, S. & Seirakowski, M.R. (2004). Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Dioscorea alata*) and cassava (*Manihot utilissima*) starches. *Carbohydrate Polymers*, 55, 3-8.
- Freitas, R.A., Paula, R.C., Feitosa, J.P.A., Rocha, S. & Sierakowski M.R. (2003). A rheological description of mixtures of a galactoxiloglucan with high amylose and waxy corn starches. *Carbohydrate Polymers*, 51, 25-32.

- Freitas, V.M., Garruti, D.S., Neto, M.A.S., Facundo, H.V.V. & Correia, J.M. (2011), Stability of volatile profile and sensory properties of passion fruit juice during storage in glass bottles, *Campinas: Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 31(2), 349-354.
- Freixa, D. & Chaves, G. (2008). *Gastronomia no Brasil e no mundo*. Rio de Janeiro: Editora Senac.
- García-Ochoa, F. & Casas, J.A. (1994). Apparent yield stress in xanthan gum solution at low concentration. *Chemical Engineering Journal*, 53, 41-46.
- García-Ochoa, F., Santos, V.E., Casas, J.A., Gómez, E. (2000). Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, 18, 549-579.
- Garruti, D.S., Santos, T.M., Gomes, B.L. & Magalhães, H.C.R. (2011). *Otimização da Extração de Compostos Voláteis por Microextração em Fase Sólida em Headspace: Exemplo da Aguardente de Cana*, 171.
- Germani R. (1999). *Controle de qualidade tecnológica do grão e da farinha de trigo*. Curso de Pós-Graduação em Controle e Garantia de Qualidade de Alimentos UFRJ. Rio de Janeiro: Embrapa/CTAA. Módulo III: Controle de qualidade químico e físico-químico.
- Glicksman, M. (1969). *Food Applications of Gums*. Em: *Gum Technology in the Food Industry*, Londres: Academic Press, 270-294.
- Glicksman, M. (1982). *Food Hydrocolloids*. Florida: CRC, 1, 219.
- Goel, P.K., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R. (1999). Studies on interactions of corn starch with casein and casein hydrolysates. *Food Chemistry*, 64, 383-389.
- Goldenberg, L., Feygenberg, O., Samach, A. & Pesis, E. (2012). Ripening Attributes of New Passion Fruit Line Featuring Seasonal Non-climacteric Behavior, *J. Agric. Food Chem.*, 60 (7), 1810–1821.
- Gomensoro, M.L. (1999). *Pequeno Dicionário de Gastronomia*. Rio de Janeiro: Editora Objetiva.
- Gonçalves, J.S., Souza, S.A.M. (2006). *Fruta da paixão: Panorama econômico do maracujá no Brasil*: São Paulo, 115-125.
- Good, H. (2007). *Solving color measurement challenges of the Food Industry*. Hunter Lab, Reston, VA.
- Guerreiro, M. & Mata, P. (2009). *A Cozinha é um Laboratório*. Lisboa: Fonte da Palavra.
- Guinard, J.X. & Mazzucchelli, R. (1996). The sensory perception of texture and mouthfeel. *Trends in Food Science and Technology*. 7, 213-219.
- Hadi, M.A.E., Zhang, F., Wu, F., Zhou, C. & Tao, J. (2013). *Advances in Fruit Aroma Volatile Research*. *Molecules*, 18, 8200-8229.
- Hayward, A.C. (1993). *The hosts of Xanthomonas*. In: Swings, J.G., Civerolo, E.L. *Xanthomonas*. London: Chapman & Hall, 1.
- Hermansson, A.M. (1986). Soy protein gelation. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 63, 658-666.

- Hiu, D.N. & Scheuer, P.J. (1961). The volatile constituents of passion fruit juice. *J. Food Sci.*, 26, 557-563.
- Horton, D.H.O., Walaszak, Z. & Wernau, W.C. (1985). Structural and biosynthetic studies on xanthan by ^{13}C -NMR spectroscopy. *Carbohydrate Res*, 141, 340-346.
- How Does Plastic Flow?
http://www.dc.engr.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/process/physics/b3200001.htm
- Hunterlab, (2001) *Applications Note*. v. 13, n. 2,. Disponível em: <<http://www.hunterlab.com>> Acesso em: 10 de março de 2014.
- Ibarz, A. & Barbosa-Cánovas, G.V. (2005). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería de los alimentos*. Madrid: Editora Mundi Prensa.
- Imenson, A. (2010). *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Blackwell Publishing, U.K.
- Jennings, W. & Shibamoto, T. (1980). *Qualitative Analysis of Flavour and Fragrance Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography*. New York: Academic Press.
- Jennings, W., Mittlefehldt, E. & Stremple, P. (1997). *Analytical Gas Chromatography*. San Diego: Academic Press.
- Jordan, M.J., Goodner, K.L. & Shaw, P.E. (2002). Characterization of the Aromatic Profile in Aqueous Essence and Fruit Juice of Yellow Passion Fruit (*Passiflora edulis* Sims F. *Flavicarpa degner*) by GC-MS and GC/O, *J. Agric. Food Chem.* 50, 1523-1528.
- Kataoka, H., Lord, H. & Pawliszyn, J. (2000). Applications of solid-phase microextraction in food analysis. *Journal of Chromatography A*, Amsterdam, 880, 36-62.
- Katzbauer, B. (1998). Properties and applications of xanthan gum. *Polymer Degradation and Stability*, 59, 81-84.
- Keenan, D.F., Brunton, N.P., Mitchell, M., Gormley, R. & Butler, F. (2012). *Flavour profiling of fresh and processed fruit smoothies by instrumental and sensory analysis*. Food Research International, 45, 17-25.
- Kinsella, J.E. (1979). Functional properties of soy proteins. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 56, 242-258.
- Klaic, P.M.A. (2010). *Desenvolvimento de método de digestão ácida para determinação de sais em xantana e potencialização reológica de xantana de Xanthomonas arboricola ppruni por troca iônica*. 113. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas: Universidade Federal de Pelotas.
- Kortstee, J.A., Suurs, L.C.J.M., Vermeesch, A.M.G., Keetels, C.J.A.M., Laohakunjit, N., Noomhorm, (1998). A. Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film. *Starch/Stärke, Weinheim*, 56(8), 348-356.
- Lajolo, F.M. & Menezes, E.W. (2006). *Carboidratos en alimentos regionales iberoamericanos*. Proyecto CYTED/CNPq XI. 18 "Composición, Estructura, Propiedades Biológicas de Carbohidratos y su Utilización en Alimentos". São Paulo: Editora EDUSP.

- Land, D.G. & Shepherd, R. (1988). *Scaling and ranking methods*. In: Piggott, J.R. *Sensory analysis of foods*. New York: Elsevier Applied Science, 155-170.
- Langourieux, S. & Crouzet, J. (1994). Study of Aroma Com-pounds-Polysaccharides Interactions by Dynamic Expo-nential Dilution, *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 27, 6, 544-549.
- Lannes, S.C.S. (1997). *Estudo das propriedades físico-químicas e de textura de chocolates*. Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - São Paulo: Universidade de São Paulo, 175.
- Lee, M. H., Baek, M. H., Cha, D. S., Park, H. J. & Lim, S. T. (2002). Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. *Food Hydrocolloids*, 16, 345-352.
- Leffingwell & Associates (2008), *Odor & Flavor Detection Thresholds in Water (In Parts per Billion)*, Services and Software for the Perfume, Flavor, Food and Beverage Industries. Disponível em: <http://www.leffingwell.com/odorthre.htm/> (consultado em 16 de Maio de 2014).
- Lennox, S. (2002). Gelatin alternatives in gummi confections. *Manufacturing Confectioner*. 82(5), 65-72.
- Li, Z., Wang, N., Raghavan G.S. & Vigneault, C. (2009). Ripeness and rot evaluation of “Tommy Atkins” mango fruit through volatiles detection. *Journal of Food Engineering*, 91, 319-324.
- López, M.J., Moreno, J. & Ramos-Comenzana, A. (2001). *Xanthomonas campestris* strain selection for xanthan production from olive mill wastewaters. New York: *Water Research*, 35(7), 1828-1830.
- Marshall, D.W. (1988). *Behavioural variables influencing the consumption of fish products*. In: Thomson, D.M.H., ed. *Food acceptability*. London, New York: Elsevier Science, 426. Proceedings of the University of Reading – Society of Chemical Industry Symposium on Food Acceptability, University of Reading, 14-18.
- Martendal, E. (2011). *Novas estratégias de otimização para a técnica de spme e spme com recobrimento internamente refrigerado*. Tese (Doutorado em Química) - Pós-Graduação em Química, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Mason, R. & Nottingham, S. (2002). *Sensory Evaluation Manual*. University of Queensland.
- Mayer, L., Borges, C.D., Vendruscolo, C.T. (2006). *Produção de biopolímero xantana por cepas de Xanthomonas axonopodispatoovarphaseoli*. In: XX CBCTA.
- McNair, H.M. & Miller, J.M. (2009). *Basic Gas Chromatography*. New Jersey.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. & Carr, B.T. (1999). *Sensory evaluation techniques*. 3. New York: CRC, 281.
- Mendes, M.L.M. (2011). *Caracterização para fins industriais dos amidos nativos e modificados extraídos de amêndoas de sementes de manga, variedade “Tommy Atikins”*. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Pós- graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 115.
- Mendham, J., Denney, R.C., Barnes, J.D. & Thomas, M.J.K. (2002). Vogel – *Análise Química*, Rio de Janeiro: Editora *Quantitativa* S.A., 160-173.
- Mine, Y. (1995). Recents advances in the understanding of egg white protein functionally. *Trends in Food Sci. and Technol.* 6(7), 225-232.

- Modernist solutions. Disponível em: <http://www.gastronomylab.com.br> (consultado em 10 de Março de 2014).
- Modesta, R.C.D., Gonçalves, E.B., Rosenthal, A., Silva, A.L.S. & Ferreira, J.C.S. (2005). Desenvolvimento do perfil sensorial e avaliação sensorial/instrumental de suco de maracujá. *Campinas: Ciências e Tecnologia de Alimentos*, 25, 345-352.
- Morais, J.L. (2001). *Noções Básicas de Reologia*. In: *Reologia e suas Aplicações Industriais*. Alberto Gomes de Castro. Lisboa: Instituto Piaget, 9-46.
- Moreira, A.N., Del Pino, F.A.B., Vendruscolo, C.T. (2003). Estudo da produção de biopolímeros via enzimática através da inativação e lise celular e com células viáveis de *Beijerinckia* sp 7070. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23(2), 300-305.
- Morris, E.R. (1984). *Rheology of hydrocolloids*. In: Phillips, G.O.; Wedlock, D.J.; Williams, P.A. *Gums and stabilisers for the food industry*. Oxford: Pergamon Press. 57-78.
- Morris, V.J. (1990). *Science, structure and applications of microbial polysaccharides*. In: *Gums and Stabilizers for the Food Industry*. Phillips, G.O., Williams, P.A. & Wedlock, D.J. (Eds.), IRL Press, Oxford, 315-328.
- Moura, J. (2011). *Cozinha com ciência e arte*, Lisboa: Editora Bertrand, 15-70.
- Moura, J., Viegas, J., Dias, S., Prista, C., Dias, C., Guerreiro, M. & Mata, P. (2011). *Cooking in the 21st Century. The role of hydrocolloids in the changing of processes and attitudes*. "Food Colloids and Molecular Gastronomy/4th Iberian Meeting on Colloids and Interfaces".
- Muccillo, R.C.S.T. (2009). *Caracterização e avaliação de amido nativo e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas*. Tese (Doutorado), Pós-Graduação em Engenharia Química, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 155.
- Muñoz, A.M., Civille, G.V. & Carr, B.T. (1992). *Sensory evaluation in quality control*. New York: Van Nostrand Reinhold, 240.
- Murray, J.M., Delahunty, C.M. & Baxter, I.A. (2001). Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, 34, 461-471.
- Myhrvold, N., Young, C. & Bilet, M. (2011). Ingredients and preparations. Em: *Modernist Cuisine, The Art and Science of Cooking* (Vol.4), *The Cooking Lab*, LLC, Bellevue, 44-47.
- Myia, E. & Campos, S. (1989). *Reologia e textura de alimentos*. Campinas: Ital, 18-42.
- Nagato, L.A.F., Roda, M.A.B., Cano, C.B. & Yotsuyanagi, K. (2003). Parâmetros físicos e químicos e aceitabilidade sensorial de sucos de frutas integrais, maracujá e uva, de diferentes marcas comerciais brasileiras. *Brazilian Journal of Food Technology*. 6, 127-136.
- Narain, N., Almeida, J.N., Galvão, M.S., Madruga, M.S. & Brito, E.S. (2004). Compostos voláteis dos frutos de maracujá (*Passiflora edulis* forma *flavicarpa*) e de cajá (*Spondias monbin* L.) obtidos pela técnica de headspace dinâmico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos de Campinas*, 212-216.
- Nascimento, C.R. (2007). *Ensaio em reômetro rotacional tipo cilindros coaxiais*. Centro de Tecnologia Mineral Ministério da Ciência e Tecnologia. Rio de Janeiro: 425.

- Nascimento, E.M.G.C. (2010). *Elaboração de produtos de milho enriquecidos com grãos e torta semidesengordurada de gergelim por extrusão termoplástica*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Pós-Graduação: Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 125.
- Nascimento, R., Bastianello, P.C., Monteiro, E.S. & Pollonio, M.A.R. (2007). Substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio: influência sobre as características físico-químicas e sensoriais de salsichas. *Campinas: Departamento de Tecnologia de Alimentos, UNICAMP*, 18,3, 297-302.
- Nattress, L.A., Ziegler, G.R., Hollender, R. & Peterson, D.G. (2004). Influence of hazelnut paste on the sensory properties and shelf-life of dark chocolate. *Journal of Sensory Studies*. 19(2), 133-148.
- Noronha, J.F. (2003). *Apontamentos de Análise Sensorial*. Escola Superior Agrária de Coimbra.
- Nunes, M.C. (2005). *Interações proteína/polissacárido em géis proteicos de origem vegetal*. Tese de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Nunes, M.C., Raymundo, A. & Sousa, I. (2004). Meaningful viscosity values of product technical data - impact on product development. *Food Industry Updates Ingredients*, 5-9.
- Padula, M. & Rodriguez-Amaya, D.B. (1987). Changes in individual carotenoids and vitamin C on processing and storage of guava juice. *Acta Alimentaria*, 16, 209-216.
- Parfitt, K. (1999). *Stabilising and suspending agents*. In Martindale: *The complete drug reference*. 32 ed. London: Pharmaceutical Press, 1470.
- Parimala, K.R. & Sudha, M.L. (2012). Effect of hydrocolloids on the rheological, microscopic, mass transfer characteristics during frying and quality characteristics of puri. *Food Hydrocolloids*, 27, 191-200.
- Parker, R. & Ring, S.G. (2001). Aspects of the physical chemistry of starch. *Journal of Cereal Science*, 34, 1-17.
- Parliment, T.H. (1972). Some volatile constituents of passion fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20, 1043-1045.
- Pasquel, A. (1999). Gomas: Utilização e Aspectos Reológicos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 33, 86-97.
- Peleg, M. (1983). The semantics of rheology and texture. *Food Technology*, 37(1), 54-61.
- Peressini, D., Sensidoni, A., Polini, C.M., Gabriele, D., Migliori, M. & Cindio, B. (2002). Filled snacks production by co-extrusion-cooking. Part 3. A rheological-based method to compare filler processing properties. *Journal of Food Engineering*. 54, 227- 240.
- Pettitt, D.J. (1982). Xanthan gum. In: Glicksman, M., *Food Hydrocolloids*. Boca Raton, (ed). CRC Press, 1, 127-149.
- Phillips, G.O. & Williams, P.A. (2000). *Handbook of Hydrocolloids*. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Piggott, J.R. (2000). Dynamism in flavour science and sensory methodology. *Food Research International*, 33, 191-197.

- Pino, J. A. & Mesa, J. (2006). Contribution of volatile compounds to mango (*Mangifera indica* L.) aroma. *Flavour and Fragrance Journal*, 21, 207-213.
- Plutowska, B. & Wardencki, W. (2007). Aromagrams - aromatic profiles in the appreciation of food quality. *Food Chemistry*, Barking, 845-872.
- Pomeranz, Y. (1991). *Functional Properties of Food Components*, Cap.5. London: Academic Press, 2nd Ed, 147-191.
- Pons, M. & Fiszman, S.M. (1996). Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. *Journal of Texture Studies*, 27(6), 597-624.
- Pontes, M., Marques, J.C. & Câmara, J.S. (2009). Headspace solid-phase microextraction - gas chromatography-quadrupole mass spectrometric methodology for the establishment of the volatile composition of *Passiflora* fruit species. *Microchemical Journal*, 93, 1-11.
- Prati, P., Moretti, R.H. & Cardello, H.M.A.M. (2005). Elaboração de bebida composta por mistura de garapa parcialmente clarificada-estabilizada e suco de frutas ácidas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* - Campinas. 25, 147-152.
- Rahman, M.S. & Lee, M.H. (2002). Food Preservation by freezing. In: Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. *Food Hydrocolloids*, 16, 345-352.
- Raimundo, K., Magri, R.S., Simionato, E.M.R.S., Sampaio, A.C. (2009). Avaliação física e química da polpa de maracujá congelada comercializada na região de Bauru. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 539-543.
- Rao, M.A. (1996). *Propriedades Reológicas dos Alimentos*. Curso de Atualização do Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Universidade de São Paulo.
- Rao, M.A. (1999). *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: principles and applications*. New York: Aspen Publishers, 433.
- Reusch, W. (2013). Espectrometria de Massa, Disponível em: <http://www2.chemistry.msu.edu/faculty/reusch/virttxtjml/spectrpy/massspec/masspec1.htm> (consultado em 15 de Maio de 2014).
- Ribeiro, E.P. & Seravalli, E.A.G. (2004). *Química de Alimentos*, São Paulo: Edgard Blücher: Instituto Mauá de Tecnologia, 184.
- Ritzinger, R., Manica, I. & Riboldi, J. (1989). Efeito do espaçamento e da época de colheita sobre a qualidade do maracujá amarelo. Brasília: *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 241-245.
- Rocheffort, W.E. & Middleman, S. (1987). Rheology of Xanthan Gum: Salt, Temperature, and Strain Effects in Oscillatory and Steady Shear Experiments. *Journal of Rheology*, 31, 337-369.
- Rossi, A.D., Rossi, F.S. & Silva, J.R. (2001). Análise setorial. *Produção de sucos tropicais: maracujá*: Vera Cruz: Afruvec, 47.
- Rottava, I., Batesini, G., Cansian, R.L., Antunes, O.A.C. & Padilha, F.F. (2007). Seleção de linhagens de *Xanthomonas* para produção de goma xantana. In: Sinaferm 2007 - XVI Simpósio Nacional de Bioprocessos, Curitiba-PR. Sinaferm.

- Rutschmann, M.A., Heiniger, J., Pliska, V., Solms, J. Lebensm. (1989). Formation of Inclusion Complexes of Starch with Different Organic-Compounds. Method of Evaluation of Binding Profiles with Menthone as an Example. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 22(5), 240-244.
- Sahin, S. & Sumnu, S.G. (2006). *Physical Properties of Foods, Food science text series*, Springer Science Business Media, Turkey, 162-169.
- Sanderson, G.R. (1981). Polysaccharides in Foods. *Food Technology*, 35 (7), 50-83.
- Sandhu, K.S., Singh, N. & Kaur, M. (2004). Characteristics of the different corn types 456 and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological and rheological properties of starches. *Journal of Food Engineering*, 64, 119-127.
- Sandi, D., Chaves, J.B.P., Parreiras, J.F.M., Souza, A.C.G. & Da Silva, M.T.C. (2003). Avaliação da qualidade sensorial de suco de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) submetido a pasteurização e armazenamento. *Boletim CEPPA*, 141-158.
- Santos, J.R.U. (2006). *Desenvolvimento de pão de queijo funcional pela incorporação de isolado protéico de soja e polidextrose*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 279.
- Scharramm, G. (2000). *A practical approach to rheology and rheometry*. 2nd edition, Karlsruhe, Germany.
- Sebess, M. (2007). *Técnicas de Confeitaria Profissional*. Rio de Janeiro: Editora Senac.
- Sereno, N., Hill, S. & Mitchell, J. (2007). Impact of extrusion process on xanthan gum behavior. *Carbohydrate Research*, 342, 1333 - 1342.
- Silva, J.A.L. & Rao, A.M. (1999). *Rheological behavior of food gel systems*. Em: A. M. Rao (Ed.), *Rheology of fluid and semisolid foods principles and applications*. Aspen Publishers, Inc, 319-368.
- Silva, J.A.L., Castro S. & Delgadillo I. (2001). *Grânulos de amido - matrizes de retenção de compostos de aroma*. Departamento de Química, Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Singh, R.P. & Heldman, D.R. (1993). *Introduction to food engineering*, San Diego: Academic Press.
- Sosa. Disponível em: <http://www.sosa.cat> (consultado em 1 de Fevereiro de 2014).
- Sousa, I. (2001). *Reologia dos produtos alimentares*. Em: *Reologia e suas aplicações industriais*. Lisboa: Instituto Piaget - Ciência e Técnica.
- Spier, F. (2010). *Efeito dos tratamentos alcalino, ácido e oxidativo nas propriedades de amido de milho*. 72. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Agroindustrial) - Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2010.
- Steffe, J.F. (1996), *Rheological methods in food process engineering*. Michigan: Freeman Press, 428.
- Stringheta P.C. & Constant, P.B. (2002). *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e tecnologia de alimentos*, 36.
- Supelco, (2005). *Catálogo de Cromatografia - produtos para análise & purificação*, 856.

- Sutherland, I.W. (1982), Biosynthesis of microbial exopolysaccharides. *Advances Microbial Physiology*, 23, 80-142.
- Sutherland, I.W. (1993). *Xanthan*. In: *Xanthomonas*. Swings, J.G.; Civerolo, E.L. (Ed.). London: Chapman & Hall, 399.
- Sutherland, I.W. (1998). Novel and established applications of microbial polysaccharides. *Yibtech*. 16, 41-46.
- Tabilo-Munizaga, G., Barbosa-Cánovas, G. (2005). Rheology for the food industry. *Journal of Food Engineering*, 67, 147-156.
- Tako, M., Hizukuri, S. (2002). Gelatinization mechanism of potato starch. *Carbohydrate Polymers, Barking*, 48, 4, 397-401.
- Tavares, J.T.Q., Silva, C.L., Carvalho, L.A., Silva, M.A., Santos, C.M.G., Teixeira, L.J. & Santana, R.S. (2003). *Aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio em maracujá amarelo*. Bahia.
- Tharanathan, R.N. (2002). Food-derived carbohydrates – Structural complexity and functional diversity. *Critical Reviews in Biotechnology*, 22, 65-84. Disponível em: <http://www.informaworld.com> (consultado em 20 de Abril de 2014).
- Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M. & Bourgeois, C.M. (1997). Dietary fibers: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science & Technology*, 8, 41-48.
- This, H. & Kurti, N. (1994). Physics and chemistry in the kitchen. *Sci Am*, 270(4), 44-50.
- This, H. (2002). Molecular Gastronomy, *Angew. Chem.* 41, 83-88.
- This, H. (2009). Molecular Gastronomy, a Scientific Look at Cooking. *Accounts of Chemical Research*, 42, 575-583.
- Thomazini, M., Franco, M.R.B. (2000). Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. *SBCTA*, 52-59.
- Tocchini, R.P. (1994). *III Processamento: produtos, caracterização e utilização*. In: *Maracujá: cultura, matéria-prima e aspectos econômicos*. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas: Ital, 161-175.
- Tolstoguzov, V.B. (1992). *The functional properties of food proteins*. In: *Gums and Stabilisers for the Food Industry* (Vol. 6), G.O. Phillips, P.A. Williams, D.J. Wedlock (eds.), Oxford: IRL Press, 241-266.
- Tomé, A. (2012). *Avaliação das propriedades gelificantes e emulsionantes de misturas de proteínas de pescado e de proteínas vegetais*. Dissertação (Mestrado). Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Toneli, J.T.C.L, Murr, F.E.X & Park, K.J. (2005). Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 7(2), 181-204.
- Tuinier, R., Grotenhuis, E. & Kruif, C.G. (2000). *The effect of depolymerised guar gum on the stability of skim milk*. *Food Hydrocolloids*, Oxford, 14, 1.
- Valente, A.L.P. & Augusto, F. (2000). Microextração por fase sólida. *Quim. Nova*, 23.

- Van der Linden, E., McClements, D.J. & Ubbink, J. (2008). Molecular Gastronomy: a Food Fad or an Interface for Science-Based Cooking? *Food Biophysics*, 3(2), 246-254.
- Vieira, M.A.R. (2006). *Caracterização dos ácidos graxos das sementes e compostos voláteis dos frutos de espécies do gênero Passiflora*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Horticultura, Botucatu: Universidade Estadual de São Paulo.
- Vries, J. (2004). *Hydrocolloid gelling agents and their applications*. Em: *Gums and stabilisers for the Food Industry* (Vol. 12), P.A. Williams, Glyn O. Phillips (eds.), Royal Society of Chemistry, U.K., 23-31.
- Walstra, P. (2003). *Physical Chemistry of Foods, Food Science and Technology*, New York: Marcel Dekker, Inc, 683-739.
- Wang, L.Z. & White, P.J. (1994). Structure and properties of amylose, amylopectin, and intermediate materials of oat starches. *Cereal Chem*, 71, 3, 263-268.
- Weenwn, H., Van Gemert, L.J., Van Doorn, J.M., Duksterhuis, G.B. & Wuk, R.A. (2003). Texture and mouthfeel of semisolid foods: commercial mayonnaises, dressings, custard desserts and warm sauces. *Journal of Sensory Studies*, 34, 159-179.
- Werkhoff, P.G.M., Krammer, G., Sommer, H. & Kaulen, J. (1998). Vacuum headspace method in aroma research: Flavor chemistry of yellow passion fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 1076.
- Williams, P.A. (2007). *Handbook of Industrial Water Soluble Polymers*. Blackwell Publishing, Oxford, U.K.
- Zavareze, E.R. . Pereira, J.M., Moura, F.A., Spier, F., Helbig, E. & Dias, A.R.G. (2010). *Teor de amido resistente e perfil de textura de amidos de arroz com diferentes níveis de amilose modificados hidrotérmicamente*. *Brazilian journal of food technology*, IIISSA, 96-101.
- Zobel, H.F. & Stephen, A.M. (1995). *Starch: structure, analysis and application*. In: Stephen, A. M., *Food polysaccharides and their application*. New York: Marcel Dekker, 19-66.

ANEXOS

ANEXO I – Ficha Técnica da Goma Xantana Ziboxan RD

ANEXO II – Especificação da Goma Xantana Ziboxan RD pela empresa Xanthan Deosen

ANEXO III – Cromatogramas

ANEXO IV – Composição Química da Fração Volátil do Maracujá

ANEXO V – Ficha utilizada na Análise Sensorial

ANEXO I



Estrada Particular Fulcitaro Yda, 1173
Bairro Cooperativa - Cep 09852-000
São Bernardo do Campo - SP - Brasil
Tel.: (11) 4393.4400
Fax.: (11) 4392.6600
home page: www.vogler.com.br
E-mail: vogler@vogler.com.br

CERTIFICADO DE ANÁLISE

PRODUTO: GOMA XANTANA ZIBOXAN RD - 12,5 KG
FABRICANTE: DEOSEN BIOCHEMICAL LTD
ORIGEM: CHINA
LOTE: 13130020
DATA DE FABRICAÇÃO: 10/07/2013
DATA DE VALIDADE: 09/07/2015

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO PADRÃO	RESULTADO	UNIDADE
VISCOSIDADE	1.200,000 - 1.800,000	1.510,00	CPS
PH 1%	6,000 - 8,000	7,20	
UMIDADE	MÁX 15,000	9,43	%
CINZAS	MÁX 13,000	6,40	%
PASSA 14#	98,000 - 100,000	100,00	%
PASSA 80#	MÁX 12,000	10,00	%
V1/V2	1,020 - 1,450	1,05	
ACIDO PIRUVICO	MIN 1,500	3,50	%
METAIS PESADOS	MÁX 20	CONFORME	PPM
CHUMBO	MÁX 2	CONFORME	PPM
ARSÊNIO	MÁX 3	CONFORME	PPM
CONTAGEM TOTAL EM PLACA	MÁX 2,000,000	350,00	UFC/G
BOLORES E LEVEDURAS	MÁX 100	CONFORME	UFC/G
E.COLI	AUSENTE/25G	CONFORME	/25G
SALMONELLA	AUSENTE/25G	CONFORME	/25G
ETANOL	MÁX 500,000	112,00	PPM
NITROGENIO	MÁX 1,500	0,74	%

INSTRUÇÕES DE ARMAZENAMENTO: ARMAZENAR EM LOCAL FRESCO, SECO E AO ABRIGO DA LUZ SOLAR DIRETA.

Resultados e especificações transcritos do original do fabricante.

Importante: Encaminhar este laudo de análise para o departamento técnico.

Andrezza Moretti Dinucci
Supervisora da Qualidade
CRF/SP 22238

ANEXO II



DEOSEN The Global Leader in XANTHAN

1140 Stelton Road, Suite 205, Piscataway, NJ 08854 USA info@deosenusa.com www.deosen.com

Specs #: DSXG06

Version #: 007

Issue date: 2012.03.01

Ziboxan® RD Specification

Ziboxan® RD-Xanthan Gum Rapid dispersible

DESCRIPTION:

Ziboxan® RD is a rapid dispersible xanthan gum produced by fermentation of a carbohydrate with *Xanthomonas campestris*. It is suitable for use in food and food preparations as a stabilizer, thickener or emulsifier.

SPECIFICATION:

Properties	Specifications
Appearance	cream colored powder
Viscosity (1% solution in 1% KCL)	1200-1600mPa.s(cP)
pH (1% solution)	6.0-8.0
Loss on Drying	max. 13%
Ash	max. 13%
Particle size	min. 98% through 14mesh(1405µm) max. 12% through 80mesh(180µm)
V1/V2	1.02-1.45
Pyruvic acid	min. 1.5%
Heavy metal	max. 20ppm
Lead	max. 2ppm
Arsenic	max. 3ppm
Microbiological	
Total plate count	not more than 2000cfu/g
Yeast/mold	not more than 100cfu/g
E. coli	absent/25g
Salmonella	absent/25g

PACKAGE:

Multiple paper bag of 20kg net each or equivalent. Custom packaging available.

STORE:

Sealed and stored in cool dry conditions, Recommended temperature : 4-30°C

SHELF LIFE:

Two Years.

QUALITY AND SAFETY ASSURANCE:

Ziboxan® RD production is controlled under certified quality system ISO9001 and product safety is ensured by an established safety system.

NOTE:

CAS NO. 11138-66-2

Kosher Approved

Halal Certified

ISO9001

HACCP

GMP

TEST METHOD:

Full details and test methods are available on request.

The information and/or suggestions presented on this product are the results of the testing and observations carried out in our laboratories, and we believe them to be accurate as expressed. Because we cannot anticipate the many conditions under which this information may be used, we offer this information as a guideline only to assist our customers in the use of our products, and to help them determine the applicability of the product to their formulation(s). It is the responsibility of the customer to determine the usefulness, regulatory status and legality of our product in the customer's application and the customer assumes all responsibility for loss or damage arising from the use of our products.

Page 1 of 2

Specs #: DSXG06	Version #: 007	Issue date: 2012.03.01
-----------------	----------------	------------------------

Ziboxan® RD Specification

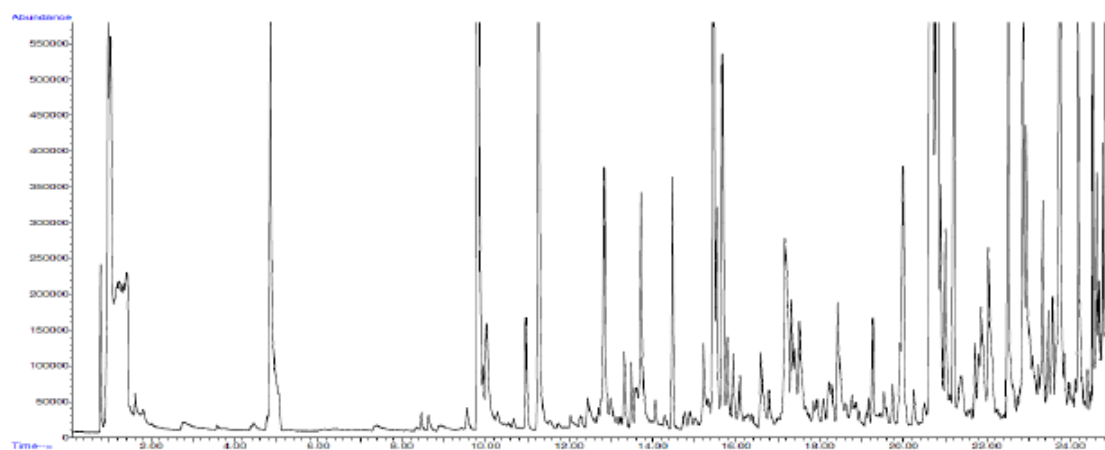
- Appearance**
By visual.
- Viscosity (1% Solution)**
Prepare a 1% salt solution of product by slowly adding a dry blend of 3.0 g of product and 3.0 g of potassium chloride to 250 ml of distilled or deionized water in a 400 ml beaker, while stirring at 800 rpm using a low-pitched propeller type stirrer. Add an additional 44 ml of distilled or deionized water, rinsing the walls of the beaker, and continue stirring at 800 rpm for 2 hours. At the end of this period, adjust the temperature of the solution to 25°C (77°F), stirring by hand in a vertical motion to eliminate any layering effects. Measure the viscosity immediately using Brookfield LV viscometer at 60 rpm, with spindle no. 3, at 25°C.
- pH**
Measure the pH at 25°C by testing a solution prepared as above, but omitting the potassium chloride, using a pH meter.
- Loss on Drying**
Spread 2-5 g product evenly on a pre-dried tared watched glass and weigh accurately. Dry in an oven at 105 ± 1°C for 2.5 hours. Cool in a desiccator and re-weigh.
- Ash**
Using a suitable furnace, ash 3 g of product, pre-dried at 105 °C for 4 hours, in a platinum crucible at 650 °C until no carbon remains.
- Particle Size**
Sieve 20 g product on the specified British Standard Screens for 10 minutes each screen. Record the weight of product remaining on each screen and calculate the percentage which passes through each specified screen.
- V1/V2**
V1/V2 may be determined by FCC V for xanthan gum.
- Pyruvic acid**
Use the procedure defined in the current FCC V for xanthan gum.
- Total Heavy Metals**
These metals may be determined by USP28
- Lead**
Lead may be determined by USP28
- Arsenic**
Arsenic may be determined by USP28
- Microbiological Limits**
For bacteria (TVMAC), yeast and mold *E coli*, *salmonella* follow the procedures as given for microbial limit tests in the current edition of the USP28. Method for coliform is available on request. For bacteria, plate out 4 ml of 0.25% solution and incubate for 48 hours at 35-37degrees C. For yeast and mold plate out 4 ml of 0.25% solution on acidified potato dextrose agar and incubate for 5 days at 25-28 degrees C. Express results as colony forming units (c.f.u.) per gram.

The information and/or suggestions presented on this product are the results of the testing and observations carried out in our laboratories, and we believe them to be accurate as expressed. Because we cannot anticipate the many conditions under which this information may be used, we offer this information as a guideline only to assist our customers in the use of our products, and to help them determine the applicability of the product to their formulation(s). It is the responsibility of the customer to determine the usefulness, regulatory status and legality of our product in the customer's application and the customer assumes all responsibility for loss or damage arising from the use of our products.

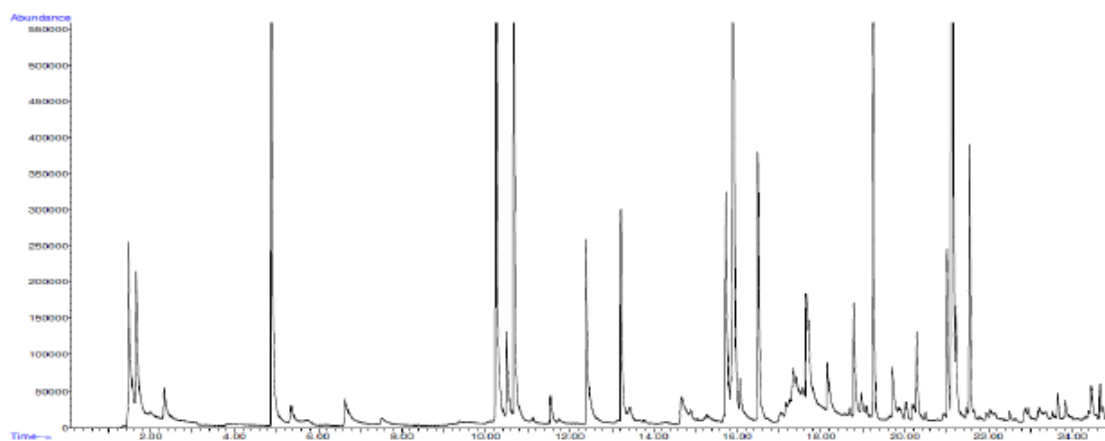
Page 2 of 2

ANEXO III

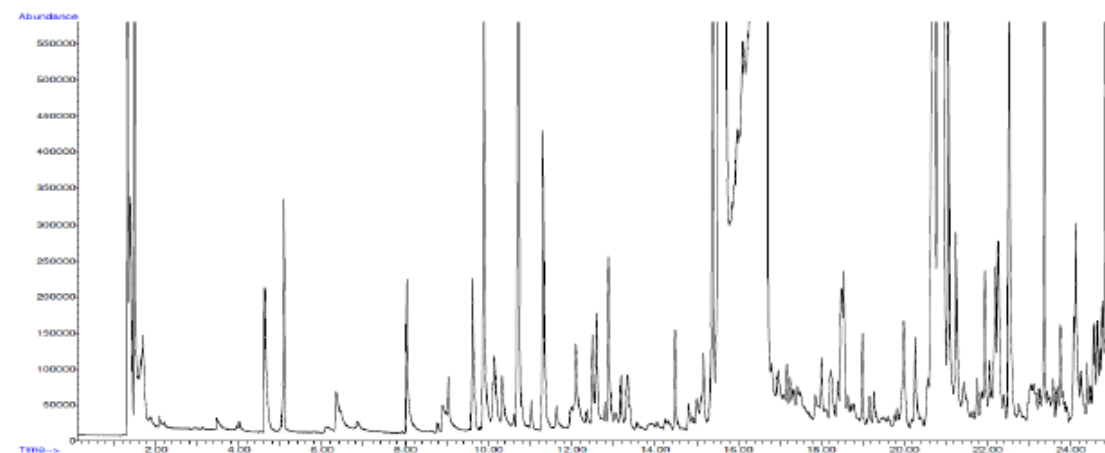
Maracujá Amarelo - Fruto



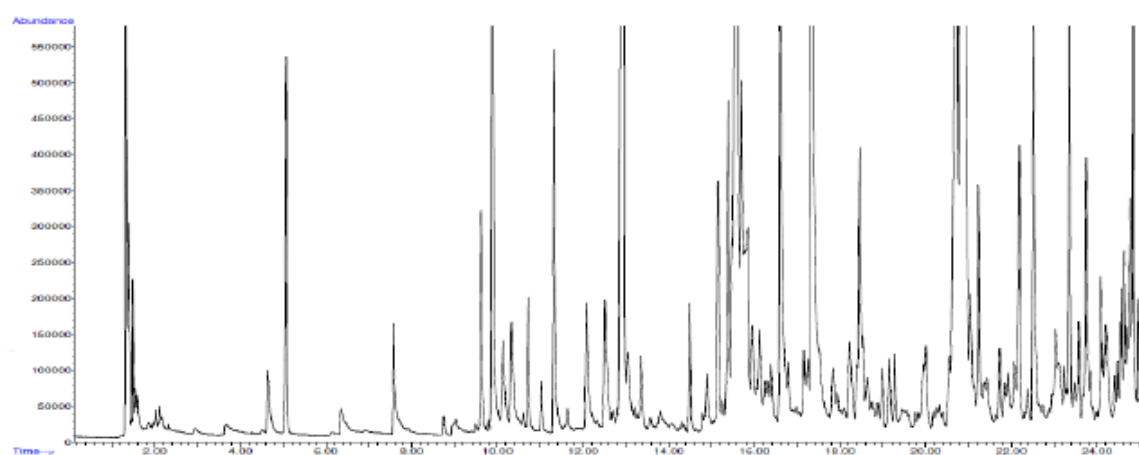
Maracujá Roxo - Fruto



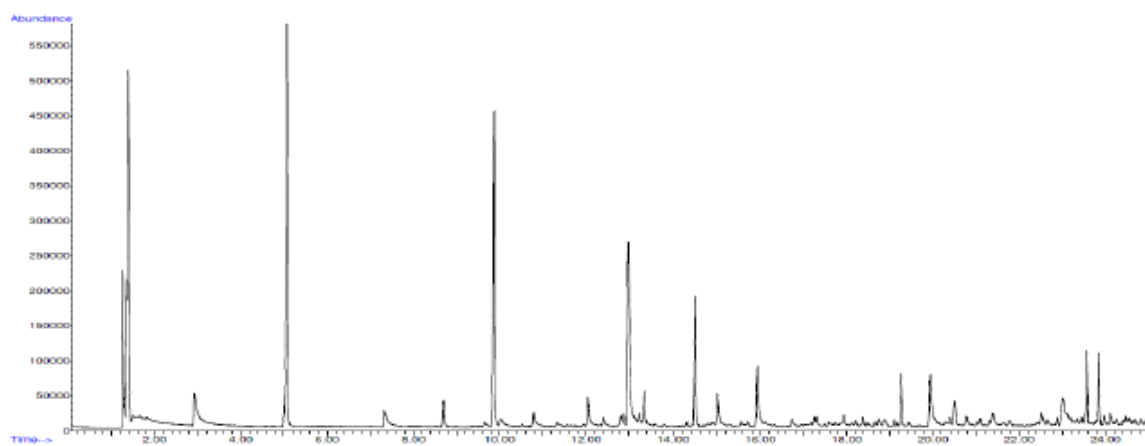
Polpa de Maracujá - Maguary



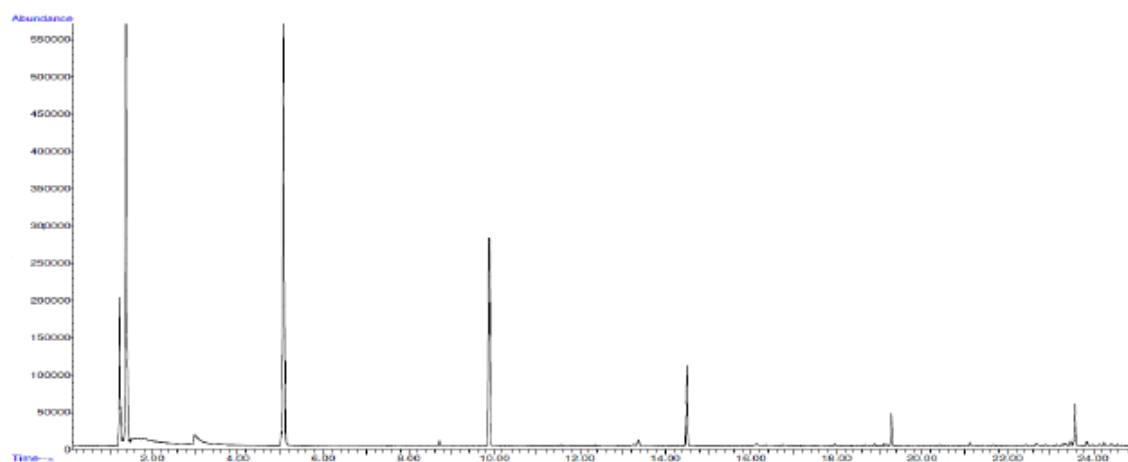
Polpa de Maracujá Congelado – Brasfruit



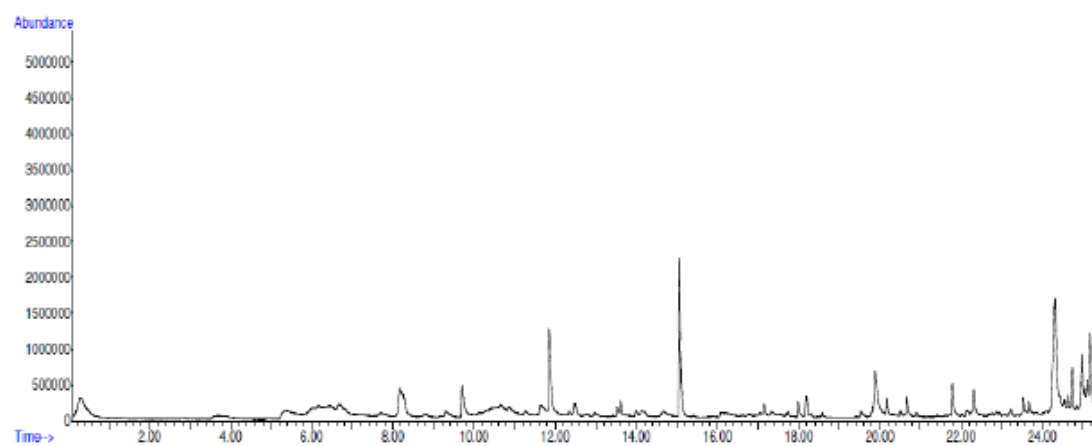
Amido e água



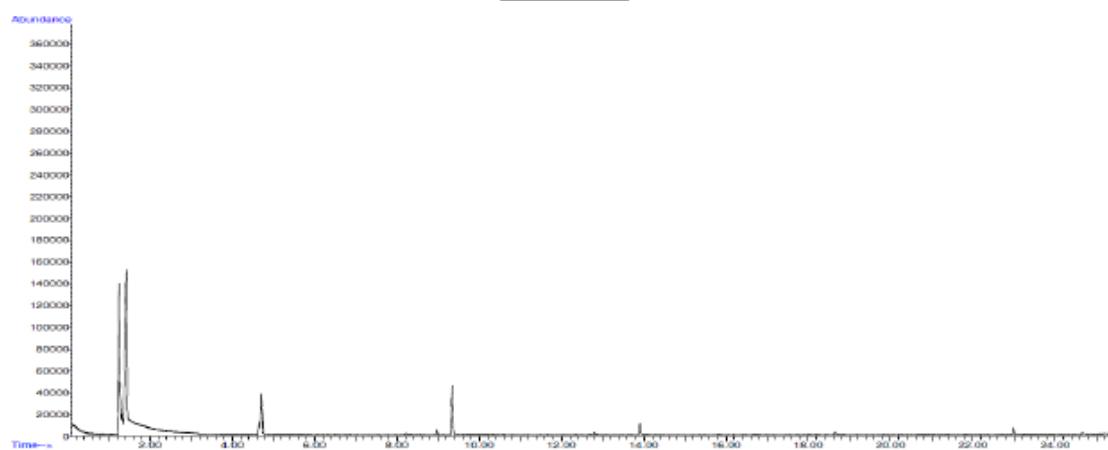
Goma Xantana RD e água



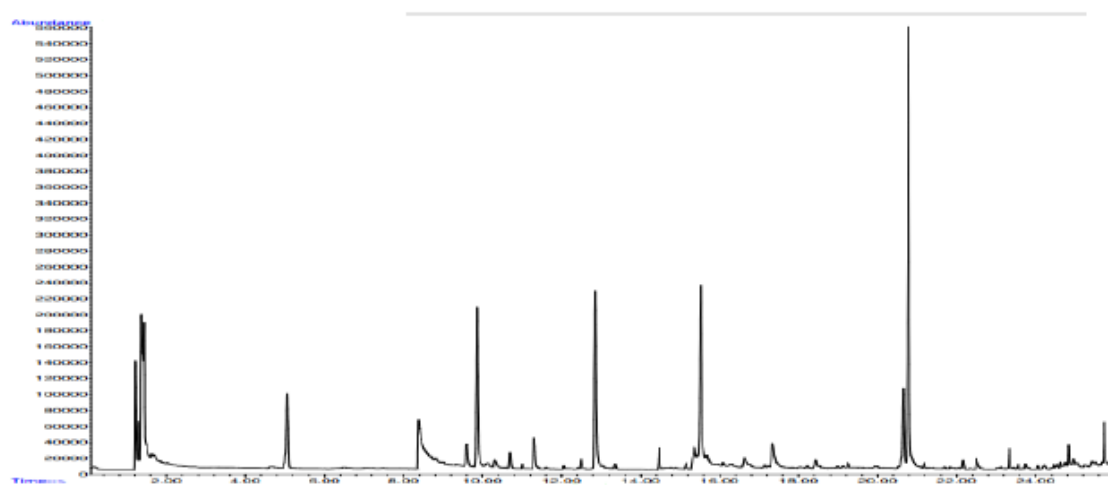
Leite Magro



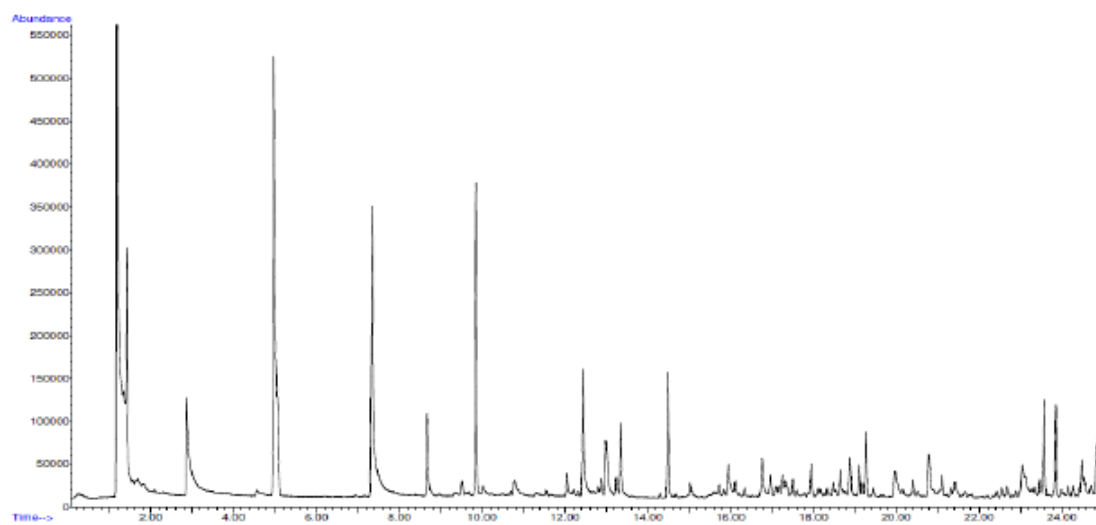
Leite Gordo



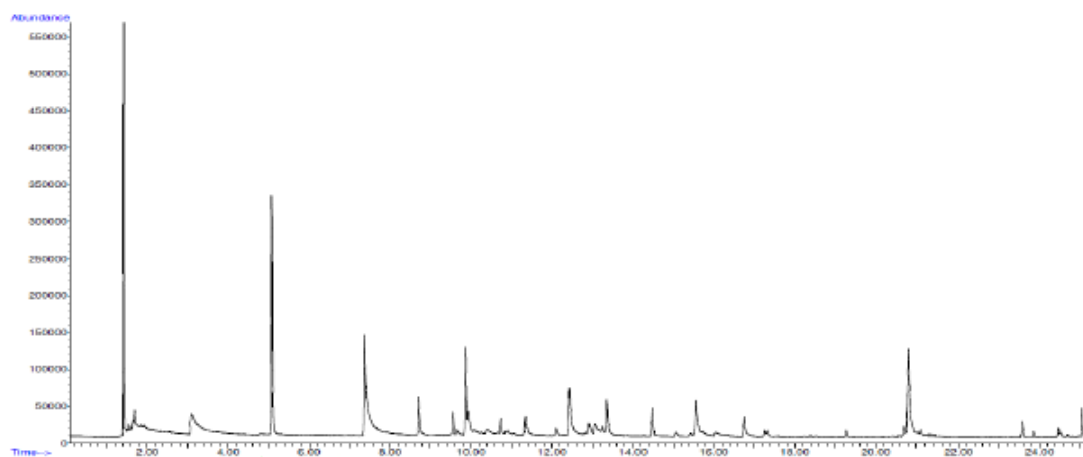
Creme de Padeiro com leite Gordo - CXPM



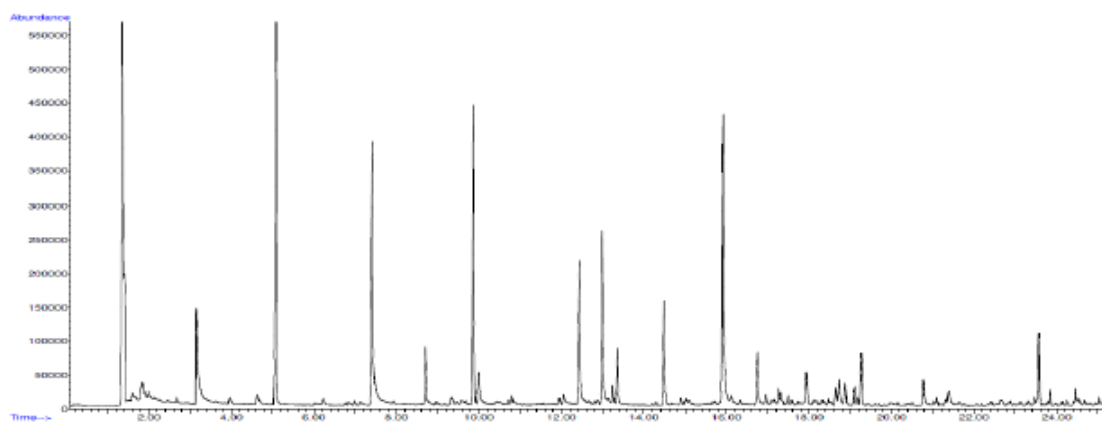
Creme de Pasteleiro Base – (Amido com sal) - CAS



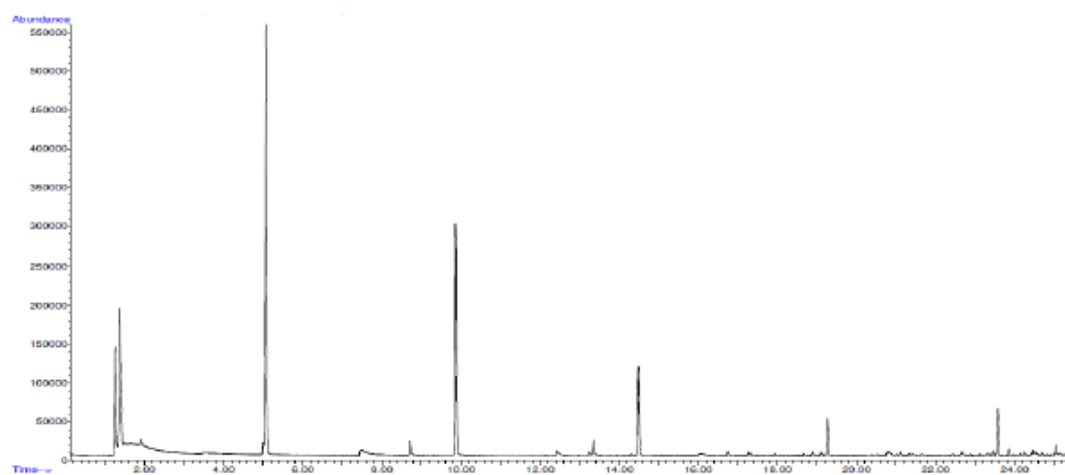
Creme de Pasteleiro Base – (Amido sem sal) - CA



Creme Pasteleiro Base – (Goma Xantana RD com sal) – CXPS

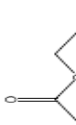

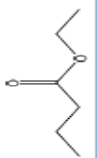
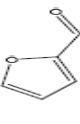

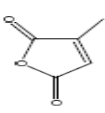
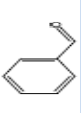
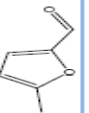
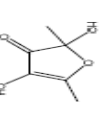
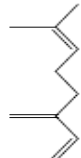
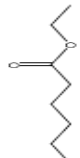


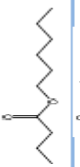
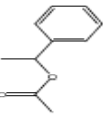

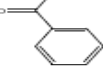
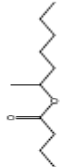

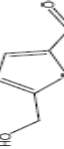
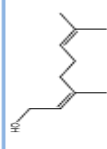


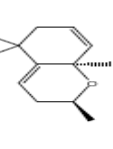
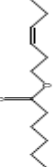
Creme Pasteleiro Base – (Goma Xantana RD sem sal) – CXP






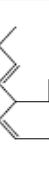


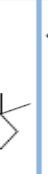



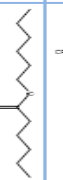



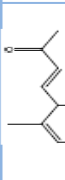
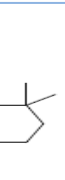
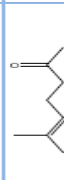
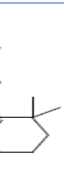


ANEXO IV

Composição Química da Fração Volátil do Maracujá

	Maracujá Inarelo	Adms	Descritores	QTV (µg/L) p/b em água	Maguary tr (min)	Brasfrut tr (min)	Maracujá Branco tr (min)	Composto	Estrutura	MM	FM	m/z	Brasfrut Cont. relat. (%)	Maracujá Inarelo Cont. relat. (%)	Família
Pico	tr (min)	KI	Qualidade de odor		tr (min)	tr (min)	tr (min)								
1	2,12	609	Doce, atéreo, uva, rum	5000	nd	2,12	2,12	Acetato de etilo		88	C4H8O2	43; 61; 70; 88	0,38	0,40	Éster
2	2,48	706	Gordura verde, madeira, baunilha, nozes	240	nd	nd	nd	Pentalal (Valeraldeído)		86	C5H10O	44; 58; 41; 57; 42		0,12	Aldeído
3	4,63	804	Maracujá, ananás, frutado, doce, maçã, banana	1	4,62	4,63	4,88	Butanoato de etilo		116	C6H12O2	71; 43; 88; 41; 60;	1,09	1,14	Éster
4	5,44	836	Alho fresco, barracha, maço	3000	nd	5,44	nd	Furfural		96	C10H16	96; 95; 67	2,09	2,18	Aldeído
5	6,80	853	Maracujá, verde, enra, banana verde	500	6,4	nd	nd	(3Z)-Hexen-1-ol		100	C6H12O	56; 43; 55; 41; 42; 69;			Alcool
6	8,50				nd	8,50	nd	3-Metil-2,5-furandiona		112	C5H4O3	68; 53; 112	0,77	0,81	Cetona
7	8,84	960	Verde, enra, amêndo, floral, fruta, melão, picante	350-3500	8,917	8,84	nd	Benzaldeído		106	C7H6O	77; 106; 105; 51; 50;	0,49	0,51	Aldeído
8	8,95	964			nd	8,95	nd	5-Metil-2-furfural		110	C6H6O2	110; 109; 53; 51; 81	1,83	1,91	Aldeído
9	9,53		Doce, baço, fruta	0,04	nd	9,53	nd	2,4-Dihidroxi-2,5-dimetil-3(2H)-furan-3-ona		144	C6H8O4	43; 101; 73; 55; 144	0,89	0,92	Cetona
10	9,61	990	Herbáceo, madeira, apimentado	15	9,608	9,61	nd	beta-Mirceno (7-Metil-3-metileno-1,6-octadieno)		136	C10H16	41; 93; 69;	1,55	1,62	Terpeno
11	9,89	998	Frutado, floral, verde, doce, anis, conhaque, ceroso	1	9,885	9,89	10,24	Hexanoato de etilo		144	C8H16O2	88; 43; 99; 60; 41; 71; 70	6,75	7,05	Éster

	Maracujá Amarelo	Adams	Descritores	QTV	Maquary	Brasfut	Maracujá Roxo	Composto	Estrutura	MM	FM	m / z	Brasfut	Maracujá Amarelo	Família
Pico	tr (min)	KI	Qualidade de odor	(µg/L) ppb em água	tr (min)	tr (min)	tr (min)						Cont. relat. (%)	Cont. relat. (%)	
24	15,56	1192	Pasta de dentes, fresco, medicinal, a cítricos	203	nd	15,56	15,91	Butanoato de hexilo		172	C10H20O2	43; 71; 89; 56; 121; 136; 106	10,54	11,00	Éster
25	nd	1193	Frutado, perfume, mel	650	15,686	nd	nd	Acetato de alfa-metil-benzenometanol (Gardenol)		164	C10H12O3	104; 122; 43; 105; 77; 107; 78; 103; 79; 164			Éster
26	nd	1197			nd	nd	16,10	Octanoato de etilo		172	C10H20O2	88; 57; 41; 60; 43; 101; 55; 73; 127			Éster
27	16,11	1184			15,963	16,11	nd	Ácido benzóico		122	C7H6O2	105; 122; 77; 51; 50; 78; 106;	3,90	4,07	Ácido
28	nd	1194	Frutado, verde, vegetal	22	nd	nd	16,49	Butanoato de 1-metil-hexilo		186	C11H22O2				Éster
29	16,62				nd	16,62	nd	Éter vinil geranílico		180	C12H20O	69; 41; 68; 43; 67; 93; 55; 53; 81; 136	1,06	1,10	Éter
30	17,14				nd	17,18	17,30	5-Hidroxi-2-furancarboxaldeído		126	C6H6O3	97; 126; 41; 69; 125; 109; 53	3,68	3,74	Aldeído
31	17,35	1252	Floral, doce, frutado, cítrico	40	nd	17,35	nd	Geraniol (Z)-3,7-dimetil-2,6-octadien-1-ol		154	C10H18O	69; 41; 93; 68; 67; 53	6,91	7,21	Alcool
32	nd	1259			nd	nd	17,64	(Z)-3-Decen-1-ol		156	C10H20O	55; 41; 68; 81; 67; 43; 54; 69; 138			Alcool
33	nd	1370			nd	nd	18,15	1-Undecanol		172	C11H24O	55; 69; 41; 70; 56; 43; 83; 57; 97; 84; 126			Alcool
34	nd	1620	Floral forte, aroma tipo-rosa		nd	nd	19,26	Eduilan I (trans-2,5,8a-Tetrametil-3,5,6,8a-tetrahidro-2H-1-Benzopirano)		192	C13H20O	177; 43; 41; 133; 57; 91; 55; 178			Éter
35	20,69	1380	Frutado, ceroso, verde, tropical, balsâmico	16	20,701	20,69	21,00	Hexanoato de (Z)-3-hexenilo		198	C12H22O2	82; 67; 43; 41; 99; 55; 71;	3,46	16,94	Éster

	Maracujá Amarelo	Adams	Descritores	OTV (µg/L) ppb em água	Mogury tr (min)	Brofrit tr (min)	Maracujá Roxo tr (min)	Composto	Estrutura	MM	FM	m / z	Brofrit Cont. relat. (%)	Maracujá Amarelo Cont. relat. (%)	Família
Pico	tr (min)	KI	Qualidade de odor												
36	20,86	1383	Verde, ceroso, doce, baga	500	20,864	20,86	21,13	Hexanoato de hexilo (Caproato de hexilo)		200	C12H24O2	43; 117; 99; 84; 41; 55; 42	16,23	0,54	Éster
37	nd				21,064	nd	nd	Decanoato de etilo (Caprato de etilo)		200	C12H24O2	88; 101; 43; 41; 61; 73; 60; 55			Éster
38	nd				nd	nd	21,25	Butanoato de octilo (Butirato de octilo)		200	C12H24O2	71; 43; 89; 70; 41; 56; 57; 55; 84; 83;			Éster
39	nd	1390	Doce, frutado, éster		nd	nd	21,54	Hexanoato de 1-metil-hexilo		214	C13H26O2	43; 57; 41; 56; 99; 55; 98; 71			Éster
40	nd	1430		190	21,933	nd	nd	alfa-Ionona (E)-4-(2,6,6-trimetil-2-ciclohexen-1-il)-3-buten-2-ona		192	C13H20O	121; 93; 43; 136; 77; 41; 91; 109			Cetona
41	22,19	1436			22,192	22,19	nd	Dihidro-beta-ionona (4-(2,6,6-trimetil-1-ciclohexen-1-il)-2-butanona)		194	C13H20O	121; 43; 161; 136; 123; 93; 41; 95; 81; 119	0,52	0,54	Cetona
42		1441			22,254		nd	2-metil-propanoato de 2-feniletilo		192	C12H16O2	104; 43; 105; 71; 41; 91; 77; 51; 65			Éster
43	22,50	1455	Fresco, magnólia, aldeído	60	22,517	22,50	nd	Geraniil acetona (Z)-6,10-dimetil-5,9-undecadien-2-ona, Dihidropseudoionona		194	C13H22O	43; 41; 69; 67; 53; 107; 136; 151	0,53	0,55	Cetona
44		1467				22,89	nd	Cinamato de etilo (3-Fenil-2-propenoato de etilo)		176	C11H12O2	131; 103; 176; 77; 148; 51; 104; 132; 147; 102	0,17		Éster
45	23,36	1488	Doce, floral, madeira, baga	0,007	23,362	23,36	nd	beta-Ionona (4-(2,6,6-trimetil-1-ciclohexen-1-il)-3-buten-2-ona)		192	C13H20O	177; 43; 91; 135; 178; 93; 41; 77	0,78	0,81	Cetona

	Pico	Maracujá Amarelo	Adams	Descritores	OTV ($\mu\text{g/L}$) ppb em água	Mogury	Brodifut	Maracujá Roxo	Composto	Estrutura	MM	FM	m/z	Brodifut	Maracujá Amarelo	Família
		tr (min)	KI	Qualidade de odor		tr (min)	tr (min)	tr (min)						Cont. relat. (%)	Cont. relat. (%)	
36	20,86	1383		Verde, ceroso, doce, boga	500	20,864	20,86	21,13	Hexanoato de hexilo (Caproato de hexilo)		200	C12H24O2	43; 117; 99; 84; 41; 55; 42	16,23	0,54	Éster
37	nd					21,064	nd	nd	Decanoato de etilo (Caprato de etilo)		200	C12H24O2	88; 101; 43; 41; 61; 73; 60; 55			Éster
38	nd					nd	nd	21,25	Butanoato de octilo (Butirato de octilo)		200	C12H24O2	71; 43; 89; 70; 41; 56; 57; 55; 84; 83;			Éster
39	nd	1390		Doce, frutado, éster		nd	nd	21,54	Hexanoato de 1-metil-hexilo		214	C13H26O2	43; 57; 41; 56; 99; 55; 98; 71			Éster
40	nd	1430			190	21,933	nd	nd	alfa-Ionona (E)-4-(2,6,6-trimetil-2-ciclohexen-1-il)-3-buten-2-ona		192	C13H20O	121; 93; 43; 136; 77; 41; 91; 109			Cetona
41	22,19	1436				22,192	22,19	nd	Dihidro-beta-ionona (4-(2,6,6-trimetil-1-ciclohexen-1-il)-2-butanona)		194	C13H20O	121; 43; 161; 136; 123; 93; 41; 95; 81; 119	0,52	0,54	Cetona
42		1441				22,254		nd	2-metil-propanoato de 2-feniletlio		192	C12H16O2	104; 43; 105; 71; 41; 91; 77; 51; 65			Éster
43	22,50	1455		Fresco, magnolia, aldeído	60	22,517	22,50	nd	Geraniol acetona (Z)-6,10-dimetil-5,9-undecadien-2-ona, Dihidropseudionona		194	C13H22O	43; 41; 69; 67; 53; 107; 136; 151	0,53	0,55	Cetona
44		1467					22,89	nd	Cinamato de etilo (3-Fenil-2-propenoato de etilo)		176	C11H12O2	131; 103; 176; 77; 148; 51; 104; 132; 147; 102	0,17		Éster
45	23,36	1488		Doce, floral, madeira, boga	0,007	23,362	23,36	nd	beta-Ionona (4-(2,6,6-trimetil-1-ciclohexen-1-il)-3-buten-2-ona)		192	C13H20O	177; 43; 91; 135; 178; 93; 41; 77	0,78	0,81	Cetona

ANEXO V

FICHA DE ANÁLISE SENSORIAL – TESTE DE ACEITAÇÃO

Você está recebendo quatro amostras de creme de pastelero aromatizado com maracujá. Analise uma de cada vez; beba água entre a análise de uma amostra e outra; e responda o quanto você gostou ou não de cada uma.

AMOSTRA	Gostei muitíssimo	Gostei muito	Gostei regularmente	Gostei ligeiramente	Indiferente	Desgostei ligeiramente	Desgostei regularmente	Desgostei muito	Desgostei muitíssimo
(A) 231									
(B) 566									
(C) 113									
(D) 315									

Ordene por evidência de aroma (A-D)

Menos

Mais

Cite o que você mais gostou [característica e número da(s) amostra(s)]:

Cite o que você menos gostou [característica e número da(s) amostra(s)]: